

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OBÜS NAMLUSU YANMA ODASINDA ATIŞ ESNASINDA
ORTAYA ÇIKAN GERİLMELERİN MATEMATİKSEL
MODELLENMESİ VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Ufuk SÖNMEZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İmdat TAYMAZ

Haziran 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ

OBÜS NAMLUSU YANMA ODASINDA ATIŞ ESNASINDA
ORTAYA ÇIKAN GERİLMELERİN MATEMATİKSEL
MODELLENMESİ VE ANALİZİ


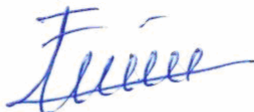
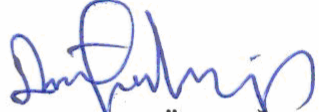
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Ufuk SÖNMEZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez 19 / 06 / 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. İmdat TAYMAZ Prof. Dr. Fethi HALICI Prof. Dr. Emın GÜNDOĞAR

Jüri Başkanı

Üye

Üye

ÖNSÖZ

Uzun süren bir çalışma neticesinde oluşturduğum bu tezi birçok yerli ve yabancı yayından yararlanarak hazırladım. Görülecek kusur ve noksanlıklar hakkında yapılacak uyarıları kıymetli meslektaşlarımdan bekler ve bu çalışmamın ileride daha iyi çalışmalara vesile olmasını dilerim.

Bu çalışmada, değerli katkılarını esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. İmdat TAYMAZ'a, sonsuz desteğini eksik etmeyen eşim Hak. Tğm. Esra SÖNMEZ'e, tez hazırlama sürecinde tecrübelerini benimle paylaşan ve tezin oluşumunda büyük payları olan Müh. Tğm. Muzaffer BUYRUK ve Müh. Bnb. Celal EVCİ'ye, tezin hazırlanmasında büyük teşvikleriyle destek olan 1'inci Ana Bkm. Mrk. K. Bkm. Alb. Sıtkı VARLI'ya ve 1'inci Ana Bkm. Mrk. K.lığı çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

TOPÇU SİLAHLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Obüsler	3
2.1.1. K/M Obüslerin gövde bölümleri	4
2.1.2. K/M Obüslerin kule bölümleri	4
2.1.3. K/M Obüslerin Silah sistemleri.....	5
2.2. Sevk Barutları.....	8
2.2.1. Kara barut.....	8
2.2.2. Dumansız barutlar	9
2.2.2.1. Nitroselülozlu barutlar	9
2.2.2.2. Nitrogliserinli barutlar.....	10
2.2.2.3. Diglikollu barutlar	10
2.2.2.4. Nitroguanidinli barutlar.....	11
2.2.3. Askeri amaçla kullanılan barutlar	11
2.2.3.1. M3A1 sevk barutu.....	11
2.2.3.2. M3 sevk barutu.....	12

2.2.3.3. M4A2 sevk barutu.....	12
2.2.3.4. M4A1 sevk barutu.....	12
2.2.3.5. M4 sevk barutu.....	13
2.2.3.6. M119 sevk barutu.....	13
2.2.3.7. M119A1 sevk barutu.....	13
2.2.3.8. M119A2 sevk barutu.....	13
2.2.3.9. M203, M203A1 sevk barutu	14
2.2.4. F�nyeler.....	14
2.2.5. Alev azaltıcılar	15
2.3. Mühimmat Tipleri	15
2.3.1. Kartuş mühimmat.....	15
2.3.2. Hartuç mühimmat.....	16
2.3.3. Sabit hartuç mühimmat	16
2.3.4. Keseli mühimmat	17

BÖLÜM 3.

SEVK BARUTLARINDA YANMA.....	18
3.1. Sevk Barutlarının Yanma Kanunları	22
3.1.1. Vieille yanma kanunu	22
3.1.2. Charbonier yanma kanunu	24
3.1.3. Muraour – Aunis yanma kanunu.....	26
3.2. Sevk Barutlarının Yanması Sonucu Açığa ıkan Enerjinin Hesaplanması	27
3.3. Enerjinin Korunumu İlkesiyle Namlu İçindeki Ortalama Gaz Basıncının Hesaplanması	28

BÖLÜM 4.

NAMLU YANMA ODASI DAYANIMI	31
4.1. Çeliklerin Mekanik �zellikleri	31
4.2. Namlu Yanma Odası İçinde Meydana Gelen Zorlanmalar	34

BÖLÜM 5.	
NAMLU YANMA ODASINA ETKİ EDEN GERİLMELERİN MATEMATİKSEL MODELENMESİ	39
BÖLÜM 6.	
NAMLU YANMA ODASININ MODELENMESİ VE ANALİZLER	48
6.1. ANSYS ve Sonlu Elemanlar Metodu Hakkında Genel Bilgiler	48
6.2. Modelin Oluşturulması.....	48
6.3. Namlu Yanma Odasının Meshlenmesi.....	50
6.4. Namlu Yanma Odası Analizi	52
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	78

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Namlu kesit alanı
C_P	: Gazın sabit basınçta özgül ısısı
C_V	: Gazın sabit hacimde özgül ısısı
d	: Çap
e	: Yanan barutun kalınlığındaki azalma miktarı
E	: Elastiklik (Young) Modül
E_b	: Barut gazlarının kinetik enerjisi
E_g	: Silahın geri tepme enerjisi
E_I	: Barut gazında ısı olarak kalan enerji
E_k	: Yanmamış barut parçacıklarının kinetik enerjisi
E_m	: Merminin kazandığı kinetik enerji
E_r	: Namluda radyal yönde gerilmelere neden olan enerji
E_s	: Sürtünmeye harcanan enerji
F	: Kuvvet sabiti
F_θ	: Teğetsel atalet kuvveti
F_r	: Radyal atalet kuvveti
G	: Kayma modülü
k	: Gazın özgül ısı kapasiteleri oranı
K	: Barutun özgül ağırlığı
K/M	: Kundağı motorlu
L	: Barutun toplam ağırlığı
m	: Yanmış sevk barutunun kütlesi
T_O	: Yanma sıcaklığı
P	: Basınç
P_i	: İç basınç
P_o	: Dış basınç
P_{ort}	: Ortalama gaz basıncı

r	: Yarıçap
V	: Hacim
ϵ	: Malzemenin Uzama Oranı
v	: özgül hacim
ρ	: yoğunluk
X	: mesafe
σ	: Gerilme
σ_r	: Radyal gerilme
σ_θ	: Teğetsel gerilme
τ	: Kesme gerilmesi
ψ	: Stres fonksiyonu
γ	: Şekil değiştirme

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Topçu silahları	2
Şekil 2.2.	K/M Obüs kulesinin patlatılmış görünüşü	6
Şekil 2.3.	Namlu ve namlu hamili kompleksi	6
Şekil 2.4.	Kama mekanizması	7
Şekil 2.5.	Geri tepme mekanizması.....	7
Şekil 2.6.	M3A1 Sevk barutu (yeşil kese).....	12
Şekil 2.7.	M4A2 Sevk barutu (beyaz kese).....	12
Şekil 2.8.	M119A1 Sevk barutu (beyaz kese).....	13
Şekil 2.9.	M119A2 Sevk barutu (kırmızı kese).....	14
Şekil 2.10.	M203 A1 Sevk barutu	14
Şekil 2.11.	M82 Fünyesi	15
Şekil 2.12.	Kartuş mühimmat.....	16
Şekil 2.13.	Hartuç mühimmat	16
Şekil 2.14.	Keseli mühimmat	17
Şekil 3.1.	Barut tanelerinin şekilleri.....	19
Şekil 3.2.	Azalan, sabitve artan yanma yüzeli sevk barutları.....	20
Şekil 3.3.	Azalan, sabit ve artan yanma yüzeli sevk barutları.....	20
Şekil 3.4.	Azalan ve artan yanma hızlı sevk barutlarında merminin pozisyonuna göre hız değişimi	21
Şekil 3.5.a.	Azalan ve artan yanma hızlı sevk barutlarında merminin pozisyonuna göre basınç değişimi	21
Şekil 3.5.b.	Azalan ve artan yanma hızlı sevk barutlarında merminin pozisyonuna göre basınç değişimi	21
Şekil 3.6.	Barut tanesi	22
Şekil 4.1.	Hooke diagramı.....	32
Şekil 4.2.	(a,b) Namlu yanma odasında patlama sonrası iç çeperlere etki eden gerilmeler.	34

Şekil 4.2.	Namluya etki eden kuvvet	35
Şekil 4.3.	Namluyu zorlayan kuvvet	35
Şekil 5.1.	(a – b) Namluya etki eden gerilmeler	39
Şekil 5.2.	Atış esnasında birim parçacıkta meydana gelen konum değişikliği	41
Şekil 5.4.	Namlu yanma odasında patlama sonrası iç çeperlere etki eden basınç	43
Şekil 5.4.	Namlu yanma odasında patlama sonrası iç çeperlere etki eden basınç	44
Şekil 6.1.	Üç boyutlu namlu modeli	48
Şekil 6.2.	Namlu yanma odasının üç boyutlu modeli	50
Şekil 6.3.	Meshleme işlemi tamamlanarak analize hazır hale gelen yanma odası	51
Şekil 6.4.	Kare meshlenmiş namlu yanma odası	51
Şekil 6.5.	M4A2 Sevk barutunun yanması sonucu, mermi namluyu terk edinceye kadar namlu yanma odasındaki zamana bağlı basınç değişimi	52
Şekil 6.6.	M119A1 Sevk barutunun yanması sonucu, mermi namluyu terk edinceye kadar namlu yanma odasındaki zamana bağlı basınç değişimi	53
Şekil 6.7.	M203 Sevk barutunun yanması sonucu, mermi namluyu terk edinceye kadar namlu yanma odasındaki zamana bağlı basınç değişimi	53
Şekil 6.8.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu	55
Şekil 6.9.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	55
Şekil 6.10.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu	56
Şekil 6.11.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu	56
Şekil 6.12.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu	57

Şekil 6.13.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	57
Şekil 6.14.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu	58
Şekil 6.15.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu	58
Şekil 6.16.	M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu.....	59
Şekil 6.17.	M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu.....	59
Şekil 6.18.	M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu.....	60
Şekil 6.19.	M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu	60
Şekil 6.20.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki gerilme analizi sonucu.....	61
Şekil 6.21.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	61
Şekil 6.22.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu.....	62
Şekil 6.23.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu.....	62
Şekil 6.24.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki gerilme analizi sonucu.....	63
Şekil 6.25.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu.....	63
Şekil 6.26.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu.....	64
Şekil 6.27.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu.....	64
Şekil 6.28.	M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki gerilme analizi sonucu.....	65

Şekil 6.29.	M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	65
Şekil 6.30.	M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu	66
Şekil 6.31.	M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu.....	66
Şekil 6.32.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu	67
Şekil 6.33.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	67
Şekil 6.34.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu	68
Şekil 6.35.	M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu	68
Şekil 6.36.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu	69
Şekil 6.37.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	69
Şekil 6.38.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu	70
Şekil 6.39.	M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu	70
Şekil 6.40.	M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu	71
Şekil 6.41.	M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu	71
Şekil 6.42.	M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu	72
Şekil 6.43.	M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu	72
Şekil 6.44.	Temperlenmiş çelik malzemeden yapılan namlu yanma odasındaki toplam deformasyon.....	73

Şekil 6.45.	Dökme demir malzemedden yapılan namlu yanma odasındaki toplam deformasyon.....	73
Şekil 6.46.	Titanyum alaşımlı çelik malzemedden yapılan namlu yanma odasındaki toplam deformasyon	74
Şekil 6.47.	M4A2 Sevk barutu kullanıldığında her üç malzemedden yapılan namlu yanma odalarındaki toplam deformasyonlar	74
Şekil 6.48.	M119A1 Sevk barutu kullanıldığında her üç malzemedden yapılan namlu yanma odalarındaki toplam deformasyonlar	75
Şekil 6.49.	M203 Sevk barutu kullanıldığında her üç malzemedden yapılan namlu yanma odalarındaki toplam deformasyonlar	75

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Barut tane biçimlerine göre α, β, γ değerleri tablosu.....	24
Tablo 3.2. Barut şekillerine göre şekil fonksiyonu değerleri tablosu.....	26
Tablo 6.1. Malzemelerin mekanik özellikleri.....	54

ÖZET

Anahtar kelimeler : Obüs, Namlu, Yanma odası, Sevk barutu, Yanma, Üç boyutlu modelleme, Analiz

Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin jeopolitik ve jeostratejik konumu düşünüldüğünde savunma sanayinin gelişmesi son derece önem arz etmektedir. Bu düşünce ile hızla gelişmekte olan Türk Savunma Sanayi özellikle zırhlı tırtıllı araç ve silah üretiminde oldukça ciddi başarılarla imza atmaktadır.

Savaş ve barış durumunda oldukça kritik görevleri olan Modern Kundağı Motorlu Obüsleri hem tırtıllı araçlar, hem de uzun mesafelere görmeyerek atış yapabilen ağır silahlar olarak düşündüğümüzde, bu silahlarda namlu tasarımının ne derece önemli olduğu rahatlıkla görülebilir.

Bu çalışmada Türkiye'de üretilmekte olan ve ağır silah sınıfına giren Kundağı Motorlu Obüs namlusu incelenmiştir. İncelenmede atış esnasında namludaki en fazla gerilmenin olduğu namlu yanma odasına etki eden gerilmelerin matematiksel modeli çıkarılmış, farklı sevk barutlarının kullanıldığı atışlardan elde edilen anlık namlu iç basınç değerleri kullanılarak, farklı malzemelerden üretilen namluların yanma odalarına etki eden gerilme değerleri ve yanma odalarındaki toplam deformasyon değerleri zamana bağlı olarak yapılan analizler neticesinde elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, sonuçlar ve öneriler bölümünde tartışılarak daha sonra bu konuda çalışmak isteyen araştırmacılara kaynak olunmaya çalışılmıştır.

MATHEMATICAL MODEL AND ANALYSIS OF STRESSES WHICH APPEAR DURING FIRE IN THE COMBUSTION CHAMBER OF THE HOWITZER'S GUN BARREL

SUMMARY

Key words : Howitzer, Gun Barrel, Combustion Chamber, Propelling Charge, Combustion, 3-D Modelling, Analysis

Development of Defence Industry is really important if we think about the Turkey's geopolitical and geostrategic position. With this thought, rapidly developing Defence Industry succeed especially in manufacturing armoured tracked vehicles and weapons.

If we think about Modern Self-Propelled Howitzers which have a critical role in war and peace times as heavy weapons that can fire indirectly to both tracked vehicles and long range distances, it could be easily seen that gun barrel design is extremely important in these weapons.

In this work, gun barrel of Self-Propelled Howitzer which is manufactured in Turkey and classified as heavy weapon is studied. In this study, mathematical model of stresses affecting combustion chamber which has the most stress in the gun barrel during the fire is made. With the use of gun barrel's instantaneous internal pressures which is taken from the fires that different types of propelling charge is used, stress values that affect gun barrel's combustion chamber manufactured by different type of materials and total deformation values in combustion chamber is obtained by the time-dependant analysis.

Obtained results is discussed in the "Results and offers" section and it is tried to develop a basis to the researchers who want to study in this topic.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Obüsler, gerek savaş durumunda çok uzak mesafelere görmeyerek atış kabiliyetleri sayesinde ülke korunmasında ya da taarruzda, gerekse barış durumunda caydırıcı unsur olarak ülke bütünlüğünün devamlılığında şüphesiz en etkili askeri araçlardandır. Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin jeopolitik ve jeostratejik konumu da düşünüldüğünde Obüs imalatının ne derece önemli olduğu açıkça görülmektedir.

Günümüzdeki bilgisayar teknolojileri, aerodinamik ve balistik alanındaki gelişmeler sayesinde, dünya standartlarında atış kontrol sistemlerine sahip en üst seviye teknolojik özellikleri bulunan Obüslerin (FIRTINA); namluları Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK), atış kontrol sistemi ve elektronik donanımları Aselsan A.Ş. tarafından üretilmekte, imalatı ve testleri 1'inci Ana Bakım Merkezi Komutanlığınca yapılmaktadır.

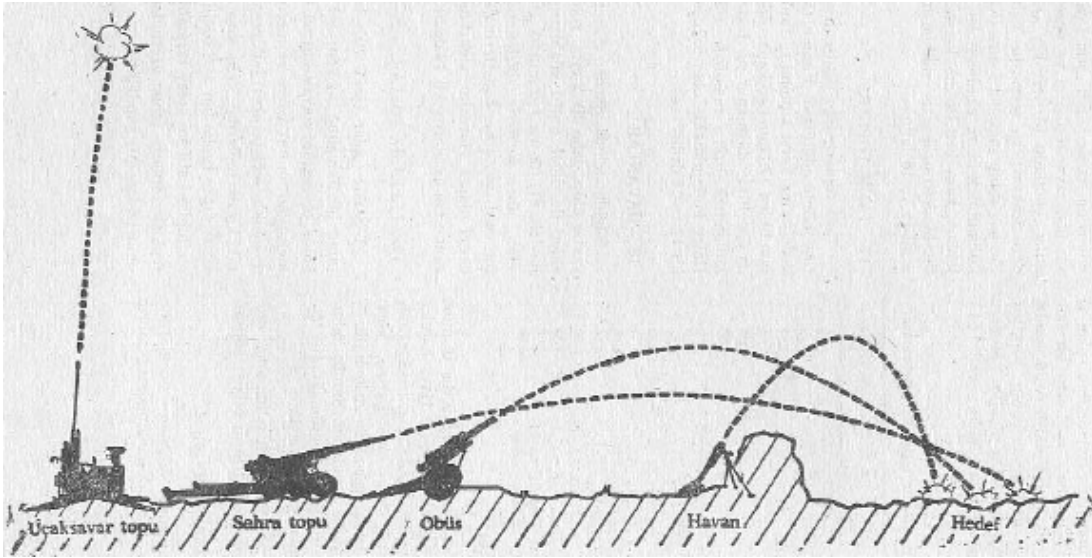
Obüsleri, uzun mesafeye (yaklaşık 40 km.) görmeyerek atış yapabilen bir silah olarak düşündüğümüzde, bu silahlarda namlu tasarımının son derece önemli olduğu rahatlıkla görülebilir.

Bu düşünceyle yola çıkarak bu çalışmada atış esnasında namluya etki eden gerilmeler incelenerek, bilgisayar ortamında analiz edilmiş; Obüslerin, verilen hedefleri başarı ile vurarak görevini yerine getirmesinde en etkin parça olan namlu yanma odalarının uygunluğu ve kullanılabilirliği, sistemi etkileyen faktörler ve sınır şartları tespit edilerek karşılaştırılmıştır.

Bu tezde belirtilen görüş ve yorumlar yazana aittir. Türk Silahlı Kuvvetlerinin ya da diğer kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz.

BÖLÜM 2. TOPÇU SİLAHLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Günümüzde topçu silahları; topları, obüsleri, havanları, roketatarları, tepkisiz topları ve güdümlü füzeleri kapsayan sınıflara ayrılır. Bütün bu silahlar farklı amaçlara hizmet etmek üzere dizayn edilmişlerdir. Bundan dolayı Şekil 2.1 de görüldüğü gibi her silahın menzili farklıdır.



Şekil 2.1. Topçu silahları

Top; yüksek hızlı, yatık mermi yollu, uzun namlulu ağır bir silahtır.

Havan; dik mermi yollu, obüsten kısa menzilli, kısa namlulu bir silahtır.

Obüs; Top ile havan arasında, orta ilk hızlı, dik mermi yollu, orta uzunlukta namlusu bulunan bir çekili silahtır. Ancak günümüz teknolojisindeki gelişmeler ile obüsler de artık çok uzak mesafelere isabetli atış yapabilen tırtıllı araç sınıfına giren kundağı motorlu ağır silahlar haline gelmişlerdir.

Uçaksavar topu; Hava hareketinde hava hedeflerine karşı kullanılan kısa menzilli, kısa namlulu bir silahtır.

2.1. Obüsler

Obüsler, görmeyerek atış yapma kabiliyeti olan silahların büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Obüsler genel olarak namlu çaplarına, atış menzillerine, hareket kabiliyetlerine, personel taşıma kapasitelerine, teknolojik donanımlarına göre sınıflandırılabilirler.

Geçmişte kullanılan çekili tiplerinin yanı sıra, günümüzde yüksek manevra ve atış kabiliyetine sahip kundağı motorlu (K/M) tırtıllı araç sınıfına giren paletli tipleri de mevcuttur. Son teknolojilerle donatılan kundağı motorlu obüsler 40+ km. mesafeye atış yapabilmektedir.

K/M Obüsler tanklara çok benzemektedir ancak kullanım alanları çok farklıdır. Tanklar, görerek atış yaparlar ve muharebe alanında ön saflardadır. Bu nedenle tankların dış zırhları obüslere nazaran daha gelişmiştir ve aerodinamik yapıları farklıdır. K/M Obüsler ise düşman kuvvet unsurlarına muharebe alanının gerilerinden görmeyerek atış yaparlar. Bu özelliklerinden dolayı K/M Obüslerin namluları tanklarınkine nazaran daha gelişmiş ve daha büyüktür. Tanklarla K/M Obüsler arasındaki en belirgin farklılıklar bunlardır.

Obüslerin çok uzak mesafelere atış yapmaları kadar çabuk yer değiştirmeleri de çok önemlidir. Çünkü günümüz teknolojisiyle atış sonrası obüsün yeri hemen belirlenebilmektedir. Bu nedenle artık obüsler çekili tip değil kundağı motorlu olarak imal edilmektedir.

Modern kundağı motorlu obüslerin sistemleri; kule bölümü, gövde bölümü, silah sistemi gibi alt sistemlerden oluşmuştur. Gövde ve kulenin kaba yapısal inşası, ekipman ve personelin zırhlı güvenliğini sağlayan ve kullanım esnasında yeterli dayanıklılığı sağlayan haddelenmiş homojen zırh plakalarıyla gerçekleştirilmiştir.

Ateş idare merkezinden alınan atış komutuyla, modern kundağı motorlu obüs otomatik olarak namluyu yönlendirir ve mermiyi doldurur. Böylelikle personelin iş

yükünü azaltır. Mevzilenme ve mevzi değiştirme süresi azaltılmış ve muharebe alanındaki dayanıklılığı arttırılmıştır.

Ateşleme durağanlığı ve operasyon etkinliği için güç grubu kulenin ön yarım bölümüne yerleştirilmiştir. Modern kundağı motorlu obüsler, 40+km mesafeye değişik çap ve ebatlardaki mermileri atabilecek güçte yüksek gaz basıncı kullanan çeşitli kalibrelerdeki namlularla donatılmıştır.

Kundağı motorlu obüsler içinde en donanımlısı, düşmanların korkulu rüyası haline gelmiş Türk Silahlı Kuvvetlerinin göz bebeği, FIRTINA Obüsüdür. Bu obüs kundağı motorlu tüm obüslerin sahip olduğu özelliklerin yanı sıra gelişmiş atış kontrol sistemi sayesinde eşine zor rastlanır yüksek vuruş kabiliyetine sahip dünya çapında bir obüstür.

2.1.1. K/M Obüslerin gövde bölümleri

K/M Obüslerin gövde bölümleri; gövde yapısı, güç grubu, süspansiyon sistemi ve gövde elektrik donanımını kapsar. Gövde yapısı personele zırh koruması sağlar. Hareketlilik ve durağanlık güç grubu sayesinde sağlanır. Süspansiyon sistemi arazide hareket ve atış durağanlığını sağlar. Hareket sürekliliği büyük ölçüde çift pimli paletlerin kullanımı ile sağlanır.

2.1.2. K/M Obüslerin kule bölümleri

K/M Obüslerin kule bölümleri; Ana kule, Hidrolik Donanım, Otomatik Mermi Doldurma Sistemi, Ana Silah Sistemi ve çeşitli bileşenlerden oluşur.

Ana Kule zırh levhalarının birleştirilmesiyle oluşmuştur. Kapı ve kapaklarla birlikte Ana kule, alt sistem ve mürettebatın korunmasını sağlar.

Hidrolik Donanım Sistemi hidrolik güç grubu, kule döndürme sistemi, namlu yükseliş sistemi, kontrol birimi ve ilgili sensörlerden meydana gelir. Hidrolik Kullanım Sistemi, namlu ve kulenin yükseliş ve yana dönüş işlemlerinin

gerçekleştirilmesini sağlar. Kullanım komutu sinyali obüs atış kontrol sisteminden alınır ve sinyal namluyu otomatik olarak yönlendirir. Namlu yükselişi ve kulenin yana dönüşü, elektro-hidrolik servo sistemi tarafından kontrol edilir ve hidrolik güç, hidrolik güç grubu tarafından karşılanır.

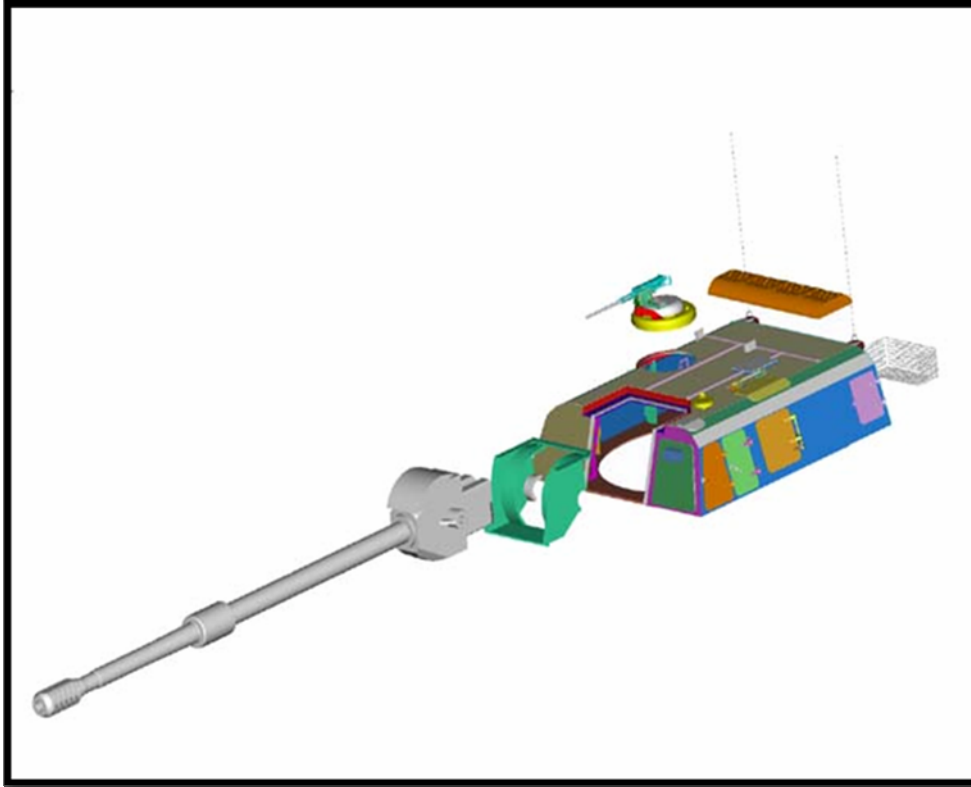
Otomatik Mermi Doldurma Sistemi; magazin, transfer kolu ve kontrol biriminden oluşur. Magazin, dört cins mermi magazini ve mühimmat rafından oluşur. Merminin magazine yüklenmesi manuel destekli elektrik gücüyle gerçekleşir. Servo kontrollü transfer kolu mermiyi magazinden mermi doldurma tezkeresine nakleder. Kontrol birimleri mermi taşımayı kontrol eden otomatik test işleviyle donatılmıştır ve obüs atış kontrol sistemini ile veri iletişimi yapar [7].

2.1.3. K/M Obüslerin Silah sistemleri

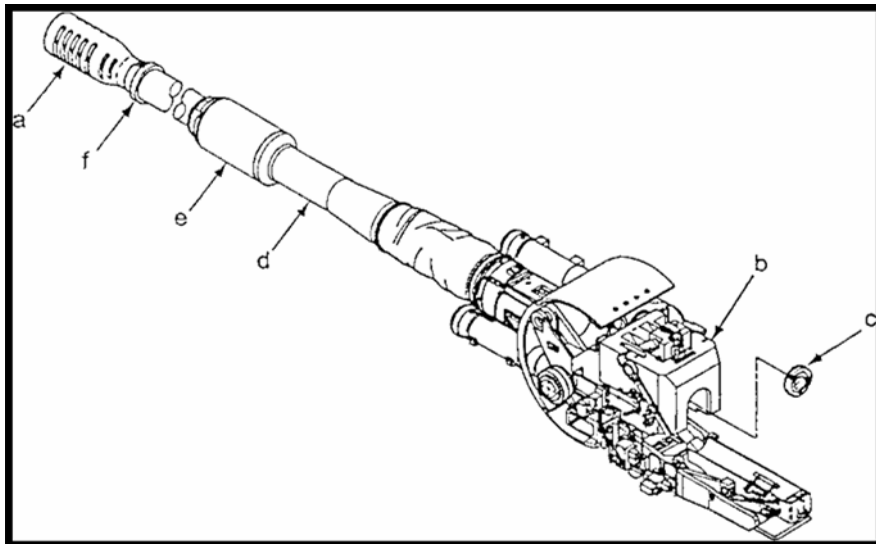
Ana silah sistemi; top, kundak ve mermi doldurma sisteminden oluşur. Sistem kule üzerine kundak ile yerleştirilmiştir.

Top; namlu, kama mekanizması, namlu ağız baskısı ve gaz tahliye silindirinden oluşur. Gelişmiş obüslerin namluları 40+ km'lik atış menziline sahiptir. Namlu ağız baskısı çok delikli yapıdadır ve bu yapı atış sesini ve geri tepme kuvvetini büyük ölçüde azaltır.

Mermi doldurma tezkeresi, mesnet ve hidrolik/elektriksel kontrol sisteminden oluşur. Mermi iticisi, itici baskı hareketiyle mermiyi namluya hızla yerleştirir. Bu hızlı doldurma Obüs' ün süratli atış yapmasını sağlar [7].

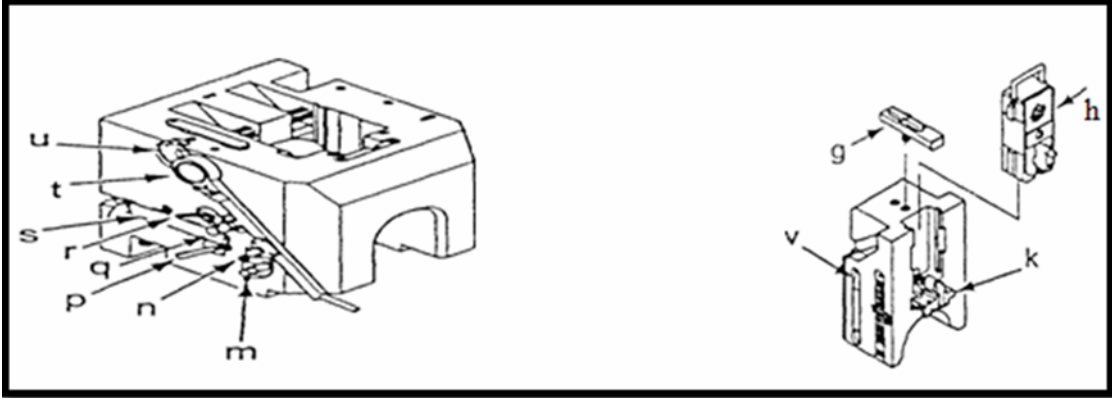


Şekil 2.2. K/M Obüs kulesinin patlatılmış görünüşü



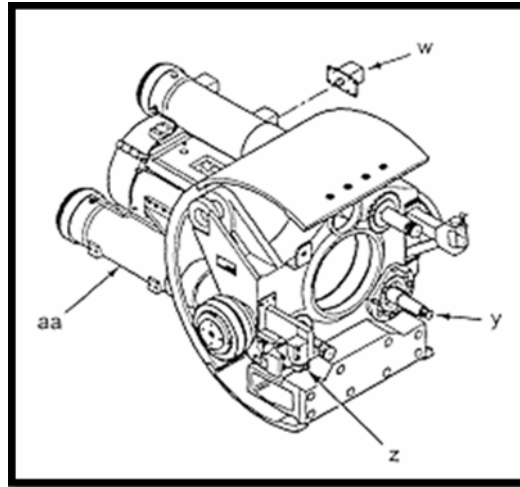
Şekil 2.3. Namlu ve namlu hamili kompleksi

Temel elemanları Şekil 2.3.'de gösterildiği üzere; (a) namlu ağız baskısı, (b) kama mekanizma kompleksi ve geri tepme mekanizması, (c) gaz paftası kompleksi, (d) namlu, (e) gaz tahliye silindiri, (f) namlu ağız baskısı kilididir.



Şekil 2.4. Kama mekanizması

Kama mekanizması Şekil 2.4.'te görüldüğü üzere ; (g) Fünye magazin tespiti, (h) Fünye magazini, (k) Ateşleme mekanizması, (m) Açma kolu sabitleme parçası (n) Ateşleme iletim kompleksi (p) Ateşleme ipi bağlama parçası (q) Krank şaftı (r) Kama Payı (s) Kapatma kolu (t) Kapatma sabitlemesi (u) Krank mili ve tansiyon yayı kısımlarından oluşur.



Şekil 2.5. Geri tepme mekanizması

Geri Tepme Mekanizması topun geri tepme gücünü azaltır ve sönümler. Geri Tepme Mekanizması Şekil 2.5.'de görüldüğü üzere; (aa) Baskı silindiri kompleksi, (w) Namlu sıcaklık algılama kompleksi, (y) İrca silindiri kompleksi, (z) Ateşleme silindiri kompleksi kısımlarından oluşur.

2.2. Sevk Barutları

Patlayıcı maddeler, kimyasal enerjiyi depo edebilen, ısı veya şok etkisiyle ani ekzotermik reaksiyon sonucu gaz ve yüksek ısı meydana getirerek yanan kimyasal bileşim ya da karışımlardır. Bir maddenin patlayıcı madde olarak anılabilmesi için bu özellikleri taşıması, askeri bir patlayıcı olarak anılabilmesi için ise askeri amaçlarla kullanıma uygun olması gerekir.

Patlayıcı maddeler yanma hızlarına göre yüksek hızlı ve düşük hızlı patlayıcılar olmak üzere iki grupta incelenebilir. Yüksek hızlı patlayıcılarda moleküllerin ayrılması ve parçalanması anidir. Düşük hızlı patlayıcılarda ise yanma kontrollü ve yavaştır. Diğer bir deyişle, düşük hızlı patlayıcılarda yanma , yüksek hızlı patlayıcılarda ise patlama olur. Yanma hızlarını mukayese edecek olursak; düşük hızlı patlayıcılarda yanma hızı ≈ 0.3 mm/sn. yüksek hızlı patlayıcılarda ise patlama hızı ≈ 800 m/sn.dir. Bu sebeple yüksek hızlı patlayıcılar ateşli silahlarda enerji kaynağı olarak kullanılmazlar aksi takdirde patlama sonucu meydana gelen yüksek basınç namlunun infilak etmesine sebep olur. Ateşli silahlarda enerji kaynağı olarak düşük hızlı patlayıcılar - barutlar (sevk barutları) kullanılır.

Sevk barutları bileşimlerinde oksijen bulundurur bu sayede ayrışmaları esnasında dışarıdan bir oksitleyiciye gerek duymazlar. Bu nedenle sevk barutlarının ısı değeri, dışarıdan oksijen alarak yanan bazı yakıtlara nazaran daha düşüktür. Sevk barutu, düşük hızlı bir patlayıcı olduğundan dolayı yanması kontrol edilebilir. Sevk barutunun yanma süresi, sevk barutunun; cinsine, sahip olduğu neme ve sıcaklığına, tanelerinin şekil ve boyutuna, yandığı yerin durumuna ve yanmayı sağlayan maddenin verdiği aleve bağlı olarak değişir. Sevk barutlarının cinslerini inceleyecek olursak;

2.1. Kara barut

Bilinen en eski barut tipidir. Muhteviyatı güherçile, karbon ve kükürtten oluşur. Kara barut, Nitroselülozlu sevk barutları bulununcaya kadar sevk edici ve patlayıcı olarak kullanılmıştır ancak günümüzde sadece taş ocaklarında, ateşleyici olarak ve füyve

çalışmalarında kullanılır. Sevk barutu olarak kullanıldığı çok nadir görülmüştür. Karışımında; %75 oranında sodyum ve potasyum nitrat oksitleyici olarak, %15 oranında karbon (odun kömürü) temel yanıcı olarak ve %10 oranında kükürt bulunur. Askeri alanda kullanılan kara barutlarda oksitleyici olarak genellikle potasyum nitrat kullanılır. Kara barut 300 °C sıcaklıkta aniden yanar ve maksimum 3800 °C meydana getirir. Bu sıcaklık namlu iç çeperlerinde yıpranma ve aşınmalara sebep olur. Kara barut rutubetlenince hemen yanma özelliğini yitirir kuru olarak saklandığında ise özelliğini uzun süre korur. Kara barutun yanma denklemi aşağıdaki gibidir:



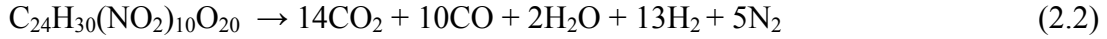
Denklemden görüldüğü üzere açığa potasyum sülfat ve potasyum karbonat çıkar ve bu maddeler namlunun iç çeperlerinde birikir bu yüzden her atımdan sonra namlu iç çeperleri temizlenmelidir.

2.2.2. Dumansız barutlar

Dumansız barutlar, nitroselülozun çeşitli organik ve inorganik maddelerle karıştırılmasıyla elde edilen sevk barutlarıdır. Bileşenlerine göre tek bazlı, iki bazlı ya da üç bazlı olarak adlandırılırlar. Burada baz kelimesi ve önündeki sayı (tek, iki, üç) barutun içerdiği ana bileşen sayısını ifade eder. Diğer bir ifadeyle, bir dumansız barutun içeriğinde; ana madde olarak sadece nitroselüloz mevcutsa barut tek bazlı, eğer ana bileşen (enerji taşıyıcı) olarak nitroselülozun yanına nitrogliserin ilave edilmişse barut iki bazlı ya da üçüncü bir enerji taşıyıcı ilave edilmişse bu barut üç bazlı diye adlandırılır. Dumansız barut kara baruttan çok daha güçlüdür. Yanma reaksiyonu sonucunda 1 gr.' ı $\approx 900 \text{ cm}^3$ gaz ve ≈ 1000 kalori ısı verir (1gr. Kara barutun yanma reaksiyonu sonucunda $\approx 300 \text{ cm}^3$ gaz ve ≈ 700 kalori açığa çıkar).

2.2.2.1. Nitroselülozlu barutlar

Tek bazlı bir baruttur. Nitroselülozlu pamuğun nitrik aside batırılmasıyla elde edilir. Nitroselülozlu barutlar yandığında artık bırakmazlar ancak neme karşı duyarlılık gösterirler. Yanma denklemi şu şekilde ifade edilebilir;



Denkleimde görüldüğü gibi nitroselülozlu barutlarda kara barut gibi namlu içinde K_2CO_3 ve K_2SO_4 birikmesi meydana gelmez. 30mm. Çaplı otomatik silahlar ve küçük silahlar için en iyi sevk barutu nitroselülozlu (tek bazlı, dumansız) barutlardır. Bu barutları kullanarak büyük çaplı silahlarda $\approx 600 - 700$ m/sn.lik hıza ulaşmak mümkün olabilir ancak bu hız merminin hedefe ulaşması için yeterli olmayabilir bunun için daha gelişmiş olan sevk barutları tercih edilmektedir.

2.2.2.2 Nitrogliserinli barutlar

Nitrogliserin renksiz, yüksek hızlı patlayıcı bir sıvı maddedir. Sevk barutu olarak kullanılabilmesi için, yanma hızının azaltılması ve içine oksijen yönünden zengin katkı maddeleri eklenmesi gerekir. Nitrogliserin, nitroselülozla karıştırılarak yanma hızı daha düşük, yüksek enerjili, iki bazlı nitrogliserinli barut elde edilir. Bu karışımdaki nitrogliserin oranı yaklaşık olarak %25 - %50 arasında değişir, geri kalan miktar ise nitroselüloz ve diğer katkı maddeleridir. Nitrogliserinli sevk barutları, sahip oldukları yüksek enerjilerinden dolayı yanma esnasında $\approx 800 - 1300$ kalori (1gr.ı için) açığa çıkarılır bu durum da namlu içinde büyük miktarda aşınmalara ve çıkan yüksek ısıdan dolayı korozyona sebep olur. Namlu ömrünü olumsuz etkilemesi nedeniyle nitrogliserinli barutlar sevk barutu olarak fazla tercih edilmezler.

2.2.2.3. Diglikollu barutlar

Sevk barutlarının yanması sonucu namlu içerisinde meydana gelen yüksek ısı namlu ömrünü oldukça etkilemektedir. Bu nedenle soğuk barutlar olarak adlandırılan diglikollu sevk barutları bulunmuştur. Diglikollu sevk barutları nitrogliserinli sevk barutlarına nazaran ısıl değerleri oldukça düşüktür. Bu farklılık diglikollu sevk barutlarında nitrogliserin yerine %23 - %36 oranında (bu oran obüsler için \approx %35 - %36 arasındadır) diglikoldinitrat kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Diglikollu sevk barutları kullanılarak; küçük ve büyük çaplı silahlarda namlu alevinin yok edilmesi, yüksek mermi çıkış hızının elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu barut tipi

bileşiminde iki ana madde (diglikoldinitrat ve nitroselüloz) içerdiği için iki bazlı bir sevk barutudur.

Diglikollu sevk barutları, nitrogliserinli barutlara göre kolay imal edilebilir, -25°C ve daha aşağı sıcaklıklarda diglikoldinitratın patlama özelliğini koruyabilmesinden dolayı kolay depolanabilir bir yapıya sahiptir. Fakat diglikollu sevk barutlarının muhteviyatındaki diglikoldinitratın, nitrogliserinden daha uçucu olması sıcak havalarda ($+40^{\circ}\text{C}$ 'den fazla) barut tanelerinin birbirlerine yapışmasına bunun sonucunda da farklı yanma yüzeylerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu durum atış esnasında stabil bir yanma meydana gelmeyeceği için namluda ısıl gerilmelere yol açabilir. Buna rağmen eğer diglikollu barut hava geçirmez kaplarda depo edilirse yüksek sıcaklıklarda dahi patlama özelliğini yitirmez.

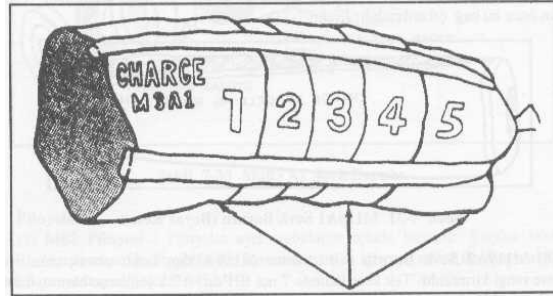
2.2.2.4. Nitroguanidinli barutlar

Nitroguanidinli sevk barutları genellikle toplarda kullanılan üç bazlı barutlardır. Esas maddeleri Nitroselüloz, Diglikoldinitrat ve Nitroguanidindir. Bu tip barutlar ısıl değerleri çok düşük olduğundan Soğuk Nitroguanidinli barutlar olarak da anılırlar. Soğuk Diglikollu sevk barutlarına nazaran, kullanıldıkları namlularda namlu ömrünü iki misli uzatırlar. Günümüzde Nitroguanidinli sevk barutları, orta çaptan büyük çapa kadar her türlü silahta namlu aşınması ve namlu ağız alevinin azaltılması yönünden en iyi sonucu vermektedir. Bu tip sevk barutlarının duman miktarları biraz fazla olsa da, namlu alevleri kolayca bastırılabilir [3].

2.2.3. Askeri amaçla kullanılan barutlar

2.2.3.1. M3A1 sevk barutu

Bir esas, 4 ilave olmak üzere toplam 5 adet yeşil keseden ibarettir. Esas kese önünde alev azaltıcı bulunur. Esas kesenin önündeki Alev azaltıcı keseler 56,4 gram 4 ve 5 - 'inci keselerin önündekiler ise 28,3 gram ağırlığındadır. Keseler birbirlerine bağlarla birleştirilmiştir.



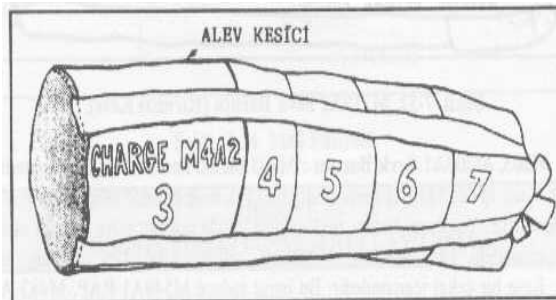
Şekil 2.6. M3A1 Sevk barutu (yeşil kese)

2.2.3.2. M3 sevk barutu

M3A1 sevk barutuna benzer. Yeşil keseli sevk barutudur. Alev azaltıcı ihtiva etmez. İçinde yemleme barutu olarak 84,9 gram kara barut vardır.

2.2.3.3. M4A2 sevk barutu

Keseleri beyaz renkte olup 1 esas 4 ilave kese mevcuttur. İlave keseler bağlarla birbirine irtibatlıdır. Esas kese altına dikilmiş yemleme barutu kesesi mevcuttur. Esas kesenin önünde alev azaltıcı vardır.



Şekil 2.7. M4A2 Sevk barutu (beyaz kese)

2.2.3.4. M4A1 sevk barutu

M4A2 barutuna benzer. Alev azaltıcı yoktur. Yemleme barutu içinde kara barut bulunur. M2 alev azaltıcı bu barutta kullanılabilir.

2.2.3.5. M4 sevk barutu

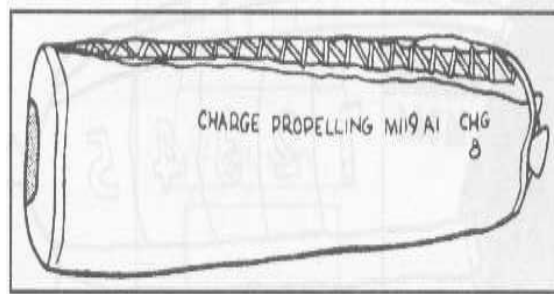
M4A1 barutuna benzer. Bir esas iki ilave barut kesesinden oluşur. M2 alev azaltıcı bu barutla kullanılabilir.

2.2.3.6. M119 sevk barutu

Beyaz renkteki bu kesenin altına yemleme barutu kesesi dikilmiştir. Kesenin önünde ise alev azaltıcı vardır.

2.2.3.7. M119A1 sevk barutu

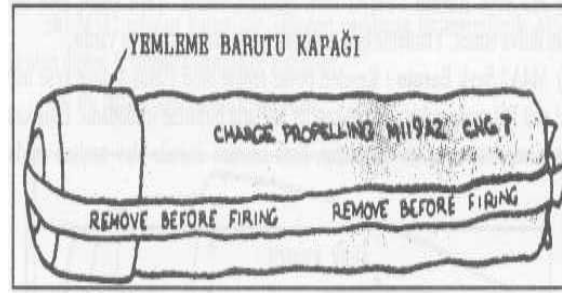
Görünüş olarak M119 barutuna benzer. Geliştirilmiş bir alev azaltıcı mevcuttur. Bu alev azaltıcı sayesinde M549 ve M549A1 mermileri ile kullanılabilir.



Şekil 2.8. M119A1 Sevk barutu (beyaz kese)

2.2.3.8. M119A2 sevk barutu

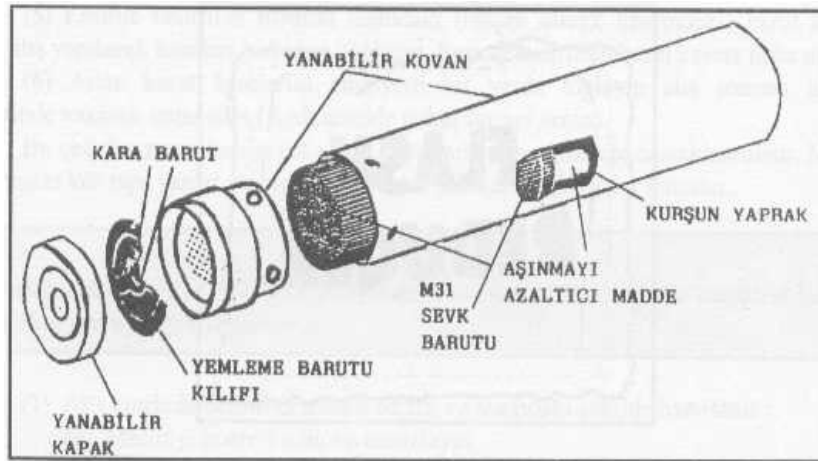
Bu barutta M119A1'den farklı olarak ceket yoktur. Ayrıca kese rengi kırmızıdır. Altta yemleme barutu, üstte alev azaltıcı bulunur. M549 ve M549A1 mermileri ile kullanılabilir.



Şekil 2.9. M119A2 Sevk barutu (kırmızı kese)

2.2.3.9. M203, M203A1 sevk barutu

M203 barutu keseleri kırmızı renktedir. Ağırlığı 11,80 kg' dır. Kese içinde M30A1 barutu bulunur. Yemleme barutu sevk barutu içinde boydan boya uzanan nitroselülozlu fiber tüp içerisindeki kara baruttur. Potasyum sülfat içeren alev azaltıcı, kesenin ön tarafındadır. Kese bir ceket içerisinde. Bu barut sadece M549A1 RAP, M483 A1 ICM ve BASEBLEED mermisi ile kullanılır. Kesenin uzunluğu 76 cm' dir. M203A1 barut keseleri içinde M31A1E1 barutu vardır.

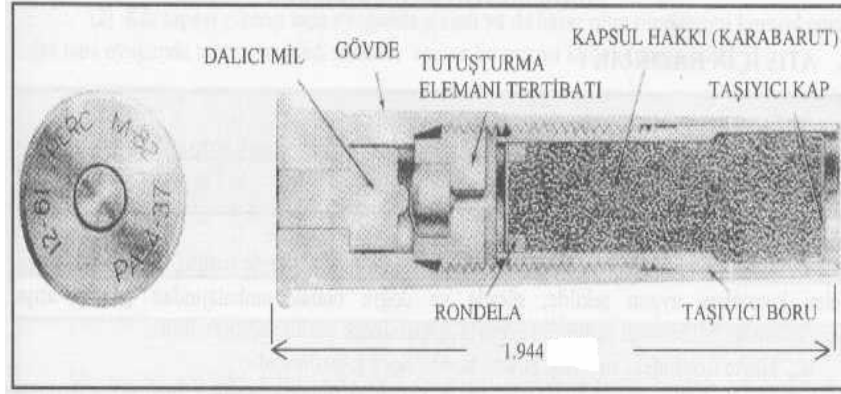


Şekil 2.10. M203 A1 Sevk barutu

2.2.4. Füyeler

Füyeler, atış esnasında alev alarak yemleme barutunu tutuşturması için kullanılır. Ayrı ambalajlar içinde bulunur ve şarjöre teker teker yerleştirilir. Atış esnasında

fünyenin dip kısmına çarpan iğnenin etkisi ile fünye alev alır ve yemleme barutunu tutuşturur.



Şekil 2.11. M82 Fünyesi

2.2.5. Alev azaltıcılar

Alev azaltıcı; namlu ağız alevinin ve aynı zamanda infilakın silah üzerindeki etkisinin azalmasını sağlar. Kırmızı renkte pamuktan yapılmış bez torba içerisinde kara barut ve potasyum sülfat ya da potasyum nitrattan oluşur. M4 ve M4A1 sevk barutlarında kullanılır. Esas ve ilave keseler birbirinin önlerine yerleştirilir.

Atış yapılabilecek sıcaklıklar -40°C ile $+52^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Eğer sıcaklık $+38^{\circ}\text{C}$ 'yi geçerse tam atım unsurları (tapa, mermi, sevk barutu, fünye) gölgeye alınmalıdır.

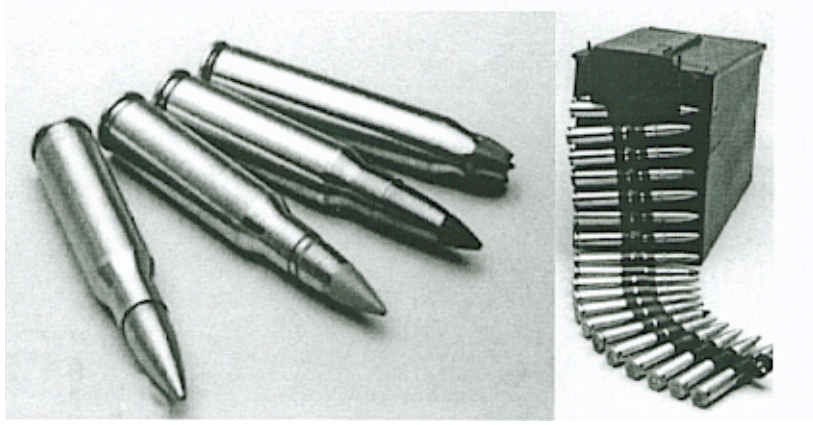
2.3. Mühimmat Tipleri

Mühimmatlar sevk barutlarının hazneye konuş şekillerine göre sınıflandırılır. Bu barutlar; kartuş, hartuç, sabit hartuç ve keseli mühimmat olarak adlandırılır.

2.3.1. Kartuş mühimmat

Kartuş mühimmatta sevk barutu kovan içinde bulunur ve ayrıca tanzim edilmez. Mühimmatın kısımlarından olan tapa, mermi kapsul, sevk barutu birbirinden ayrılmayacak şekilde birleştirilmiştir. Hafif silah mermileri, uçaksavar mermileri,

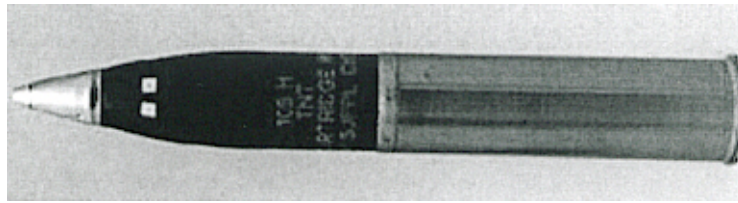
tanksavar mühimmatı bu şekilde hazırlanmaktadır. Otomatik silahlarda bu tür mermilerin kullanılması zorunluluğu vardır. Şeride dizme ve şarjöre yerleştirme yönünden pratiklik sağlar. Taşınması kolaydır. [4]



Şekil 2.12. Kartuş mühimmat

2.3.2. Hartuç mühimmat

Hartuç mühimmatta da sevk barutları kartuş mühimmattaki gibi kovanın içinde bulunur. Mermi ve kovan birbirinden ayrılabilirdiği gibi barut hakkı ayarı da yapılabilir. Hafif top ve Obüslerde kullanılır. [4]



Şekil 2.13. Hartuç mühimmat

2.3.3. Sabit hartuç mühimmat

Sabit hartuç mühimmatta hartuç mühimmatta olduğu gibi barut hakkı yapmak mümkün değildir. Ayrıca mermi ve kovanın da birbirinden ayrılması mümkün değildir. Bazı tank mühimmatı taşıma kolaylığı sağlaması amacıyla bu şekilde imal edilmektedir. [4]

2.3.4. Keseli mühimmat

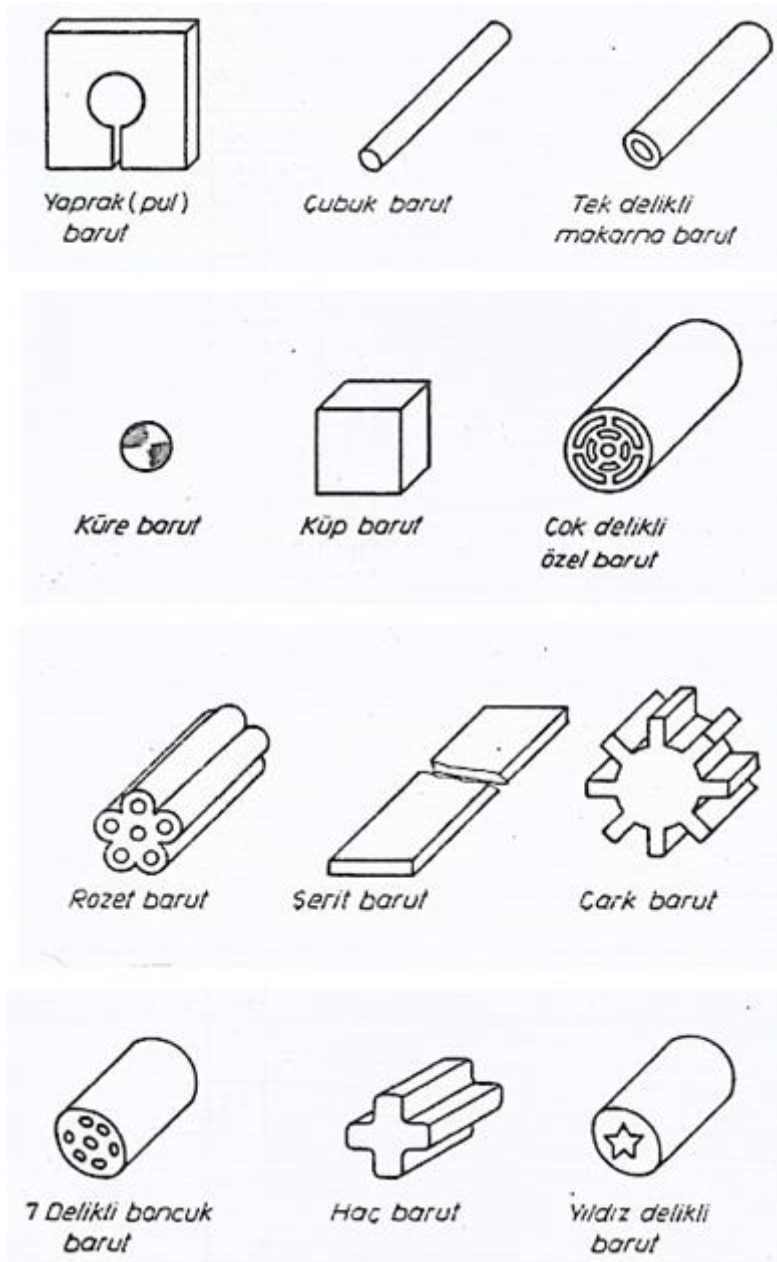
Keseli mühimmatta kovan bulunmaz. Sevk barutları keseler içindedir. Tam atımın unsurlarından olan füyne, mermi, tapa ve sevk barutu ayrı ayrı bulundurulur. Bu unsurlar atıştan önce silah üstünde birleştirilir. Özellikle ağır top ve obüs mühimmatı taşıma ve doldurma kolaylığı sağlaması açısından bu şekilde üretilmektedir [4].



Şekil 2.14. Keseli mühimmat

BÖLÜM 3. SEVK BARUTLARINDA YANMA

Silahın hazne ya da yatağında bir kovan veya bez kese içinde bulunan sevk barutları, ateşleme düzeninin oluşturduğu alevle tutuşturulduğunda, silahın haznesindeki (yanma odasındaki) gaz basıncı artmaya başlar. Gaz basıncındaki bu artış, merminin harekete başlaması, hatta bir miktarda ilerleme yapmasına kadar devam eder. Sevk barutunun karakteristiklerine bağlı olarak, artmakta olan basınç belli noktada maksimum olur ve ondan sonra, merminin hareketine devam etmesiyle yanma odasının hacmi büyür. Büyüyen hacim gaz basıncının gitgide azalmasına neden olur. Yanma oranının ve onunla beraber gaz basıncının kontrolü, sadece sevk barutunun kimyasal bileşimini değiştirmekle mümkün olmamaktadır. Gerekli kontrolün sağlanması, barut tanelerinin geometrik biçiminin ve yüzey alanının uygun seçilmesiyle mümkün olmaktadır. Barutun yüzey alanının büyük olması birim zamanda daha fazla gazın açığa çıkmasına neden olur. [3] Askeri amaçla kullanılan çeşitli çap ve ebattaki silahlar için aşağıdaki şekilde gösterilen biçimlerde barut tipleri üretilmektedir.



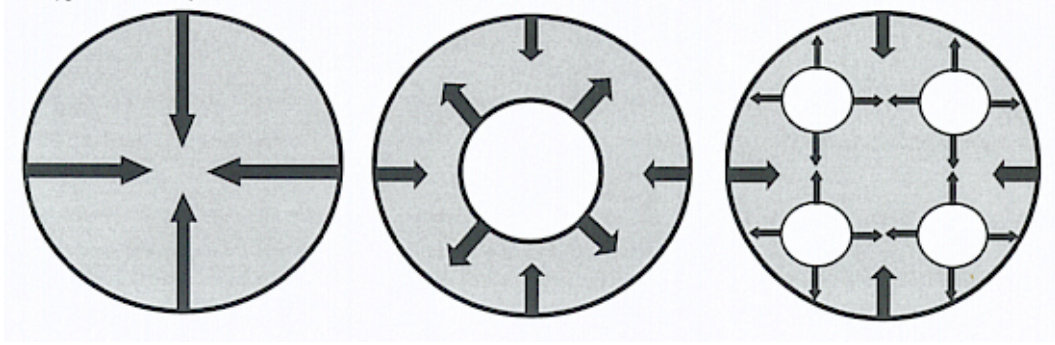
Şekil 3.1. Barut tanelerinin şekilleri

Yukarıda görülen barut tiplerinden Yaprak (pul) şeklindeki barutlar genellikle havan toplarında, 7 delikli boncuk tipi barutlar ise ağır silahlarda (genellikle obüslerde) kullanılmaktadır. Silahların namlu çapı artıka kullanılabacak sevk barutunun boyutları da artar. Hafif silahlarda tane şeklindeki barutlar kullanılırken (silindirik, küresel tip barutlar), ağır silahlarda ise geniş yanma yüzeyli barutlar kullanılır. Barut tanecikleri, sadece yüzeyden yandıkları için, yüzey alanları değıştikçe yanma hızları da

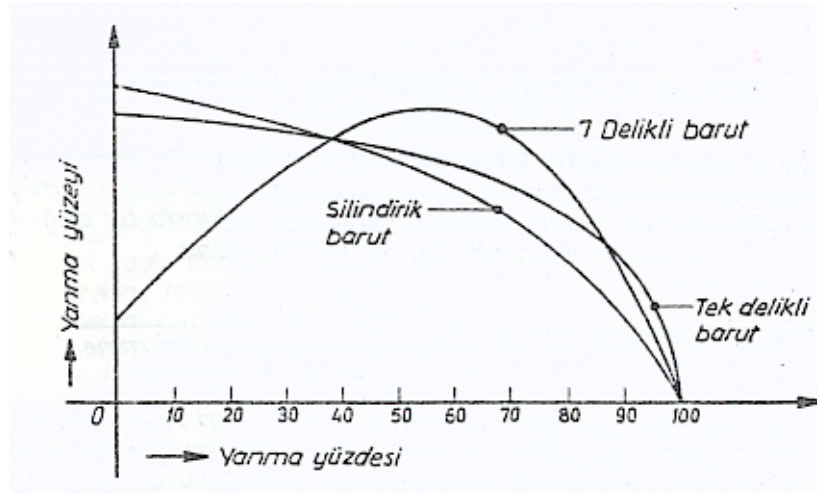
değişmektedir. Bu özelliklerine göre sevk barutları yanma yüzeyleri durumlarına göre üç kategoride sınıflandırılabilir;

- Azalan yanma yüzeyli barutlar,
- Sabit yanma yüzeyli barutlar,
- Artan yanma yüzeyli barutlar.

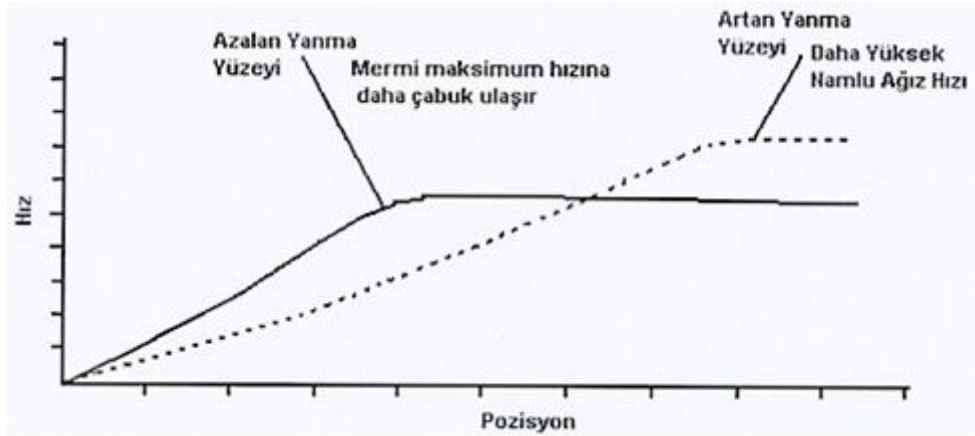
Silindir, küre ya da küp biçimindeki barutlarda yanma yüzey alanı zamanla azalır. Ortası tek delikli barutlarda yanma yüzey alanı sabittir. Çok delikli barutlarda ise yanma yüzey alanı zamanla artar.(Bkz. Şekil 3.1.ve Şekil 3.2.)



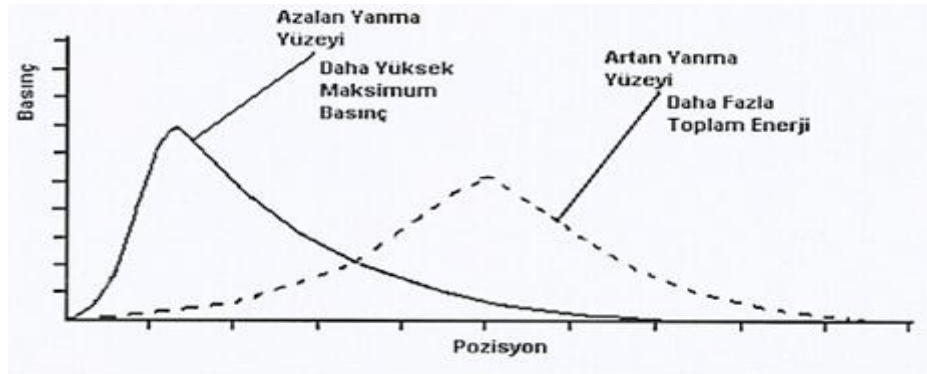
Şekil 3.2. Azalan, sabitve artan yanma yüzeli sevk barutları



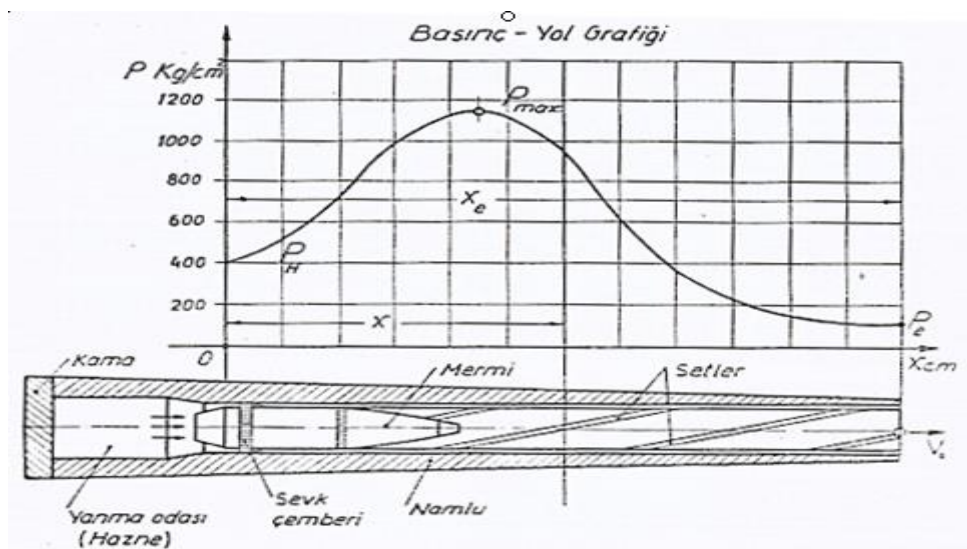
Şekil 3.3. Azalan, sabit ve artan yanma yüzeli sevk barutları



Şekil 3.4. Azalan ve artan yanma hızlı sevk barutlarında merminin pozisyonuna göre hız değişimi



Şekil 3.5.a. Azalan ve artan yanma hızlı sevk barutlarında merminin pozisyonuna göre basınç değişimi



Şekil 3.5.b. Azalan ve artan yanma hızlı sevk barutlarında merminin pozisyonuna göre basınç değişimi

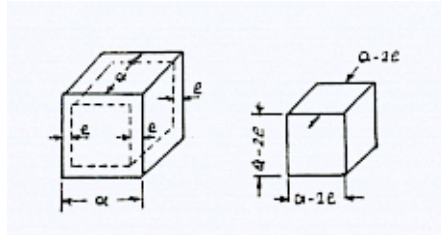
3.1. Sevk Barutlarının Yanma Kanunları

3.1.1.Vieille yanma kanunu

a) Barut hakkı, aynı cins, şekil ve büyüklükteki barut tanelerinden meydana gelmelidir.

b) Barut hakkı, kapsül ya da fünne tarafından aynı anda tutuşturulmalı

c) Yanma, barut tanelerinin dış yüzeylerinden içe doğru dik vaziyette ilerlemelidir.



Şekil 3.6. Barut Tanesi

Yanma başlangıcında küp tane ağırlığı;

$$W = \gamma_{\beta} \cdot a^3 \quad (3.1)$$

Yanma başlangıcından t zaman sonra tane ağırlığı;

$$W = \gamma_{\beta} (a - 2e)^3 \quad (3.2)$$

Barutun yanmaya başlamasından t zaman sonra yanan yüzeylerinden e kalınlığındaki barutun yandığı kabul edilirse, bu durumda lineer yanma hızı;

$$V_{BARUT} = \frac{d_e}{d_t} \quad (3.3)$$

$$V_{BARUT} = \frac{d_e}{d_t} = \partial \cdot P^Z \quad (3.4)$$

δ ve z barutun kimyasal yapılarına bağlı sabit değerlerdir. $P = 1 \text{ atm.}$ 'deki yanmada δ 'nin değeri yanma hızına eşittir. Vieille, modern barutlar için z değerini $2/3$ Charbonier ise 1 kabul etmektedir. Vieille'nin t zamanına kadar yanan barut kalınlığı (e) ile, yanma oranı (y) arasındaki bağıntısı;

$$y = \alpha \cdot e + \beta \cdot e^2 + \gamma \cdot e^3 \quad (3.5)$$

şeklinindedir. Bu denklemde α, β, γ barutun şekline bağlı katsayılarıdır. t zamanına kadar yanan barut miktarının, toplam barut miktarına oranı ise aşağıdaki ifade ile gösterilir.

$$y = \frac{\gamma_{\beta} a^3 - \gamma_{\beta} (a - 2e)^3}{\gamma_{\beta} \cdot a^3}$$

$$y = \frac{\gamma_{\beta} (a^3 - (a - 2e)^3)}{\gamma_{\beta} \cdot a^3}$$

$$y = \frac{a^3 - (a - 2e)^3}{a^3} \quad (3.6)$$

Bir tane barut için hesaplanan yanma oranı bütün barut hakkını temsil eder.

$$V_{BARUT} = \frac{d_e}{d_t} = \partial \cdot P^z \quad \text{formülü Schmit'in yaptığı deneyler sonucu } 800\text{-}4000 \text{ kg/cm}^2$$

basınç değerleri için uygun sonuçlar vermektedir. Ancak Vieille'nin yanma kanunu ideal yanma ve ideal sevk barutları için geçerlidir.

Tablo 3.1. Barut tane biçimlerine göre α, β, γ değerleri tablosu

Barut tanesinin biçimi	α	β	γ
a<b<c kenarlı prizmatik tane	$2\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right)$	$-4\left(\frac{1}{ab} + \frac{1}{ac} + \frac{1}{bc}\right)$	$+\frac{8}{abc}$
a kenarlı küp tane	$+\frac{6}{a}$	$-\frac{12}{a^2}$	$+\frac{8}{a^3}$
d çapında, h yüksekliğindeki silindirik tane	$2\left(\frac{2}{a} + \frac{1}{h}\right)$	$-4\left(\frac{1}{d^2} + \frac{2}{d.h}\right)$	$+\frac{8}{d^2.h}$
İç çapı d_1 dış çapı d_2 , yüksekliği h olan çubuk tane	$2\left(\frac{2}{d_2 - d_1} + \frac{1}{h}\right)$	$-\frac{8}{h.(d_2 - d_1)}$	0
d çaplı küre tane	$\frac{6}{d}$	$-\frac{12}{d^2}$	$+\frac{8}{d^3}$

3.1.2. Charbonier yanma kanunu

Charbonier Vieille'nin yanma kanunu daha geniş ele alarak aşağıdaki ifadeleri elde etmiştir.

$$y = \alpha.e + \beta.e^2 + \gamma.e^3$$

denklemin türevi alınırsa,

$$\frac{dy}{dt} = (\alpha + 2\beta.e + 3\gamma.e^2) \frac{de}{dt}$$

$$A\phi(y) = \alpha + 2\beta.e + 3\gamma.e^2$$

şeklinde yazılırsa,

$$\frac{dy}{dt} = A.\phi(y) \frac{de}{dt}$$

$$\frac{de}{dt} = \partial.P^Z \text{ ise;}$$

$$\frac{dy}{dt} = A.\phi(y).\partial.P^Z$$

$$\partial.A = B$$

$$V = \frac{dy}{dt} = B.\phi(y).P^Z \quad (3.7)$$

V hacimsel yanma hızıdır. Barutun toplam ağırlığı (L) ve herhangi bir (t) zamanına kadar yanan kısmı (y) ise;

$$dL = L.dy$$

$$dL = K.F.de$$

K barutun özgül ağırlığı, F yanma yüzeyi, de 'de yanan tabaka kalınlığıdır.

$$dy = \frac{K.F}{L} \quad (3.8)$$

Denklemin her iki tarafı dt ile bölünüp $\frac{de}{dt}$ yerine Vieille'nin genel basınç eşitliği yazılırsa;

$$\frac{dy}{dt} = \frac{F.K.\partial}{L} P^Z$$

elde edilir. Barut hakkının başlangıç yüzeyi F_0 olarak gösterilirse yukarıdaki eşitlik,

$$\frac{dy}{dt} = \frac{F}{F_0} \left(-\frac{F_0.K.\partial}{L} \right) P^Z \quad (3.9)$$

olur.

$\left(\frac{F_0.K.\partial}{L} \right)$ barutun ömür değeridir. ∂ değerinden dolayı barutun kimyasal yapısına ve

ayrıca şekline bağlıdır. Dolayısıyla $\left(\frac{F_0.K.\partial}{L} \right) = C$ gibi sabit bir değer olarak ifade

edilmelidir. $\frac{F}{F_0}$ ise t zamanına ve barutun şekline bağlıdır. Bu değer y'nin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde formüle edilebilir;

$$K(y) = \frac{F}{F_0} \quad (3.10)$$

$K(y)$ fonksiyonuna şekil fonksiyonu da denilebilir. Çeşitli şekillerdeki barutlar için bu fonksiyon aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.2. Barut şekillerine göre şekil fonksiyonu değerleri tablosu

Barut Şekli	K(y)
Bir kenarı a olan küp şeklindeki barut	$\frac{(a - 2e)^2}{a^2}$
Küresel barut	$(1 - y)^{2/3}$
İçi dolu silindirik barut	$(1 - y)^{1/2}$
Kenarı a ve b olan dikdörtgen yaprak barut	$\left(1 - 4\frac{b}{a} - y\right)^{1/2}$
İçi boş silindirik barut	1

3.1.3. Muraour – Aunis yanma kanunu

$$\frac{de}{dt} = a + bP \quad (3.11)$$

Burada e yanan barut kalınlığındaki azalmayı, a ısı iletim katsayısını, b' de enerji transfer katsayısını göstermektedir. Genellikle a = 10 mm/sn olarak alınır. Yanma sıcaklığı 4000 K civarında ise a=20-25mm/sn arasındadır.

b katsayısının ısı ile ilişkili bağıntısı;

$\log_{10} b = 1,188 + 0,308 \cdot 10^{-3} T$ olarak ifade edilir. Hacimsel yanma hızı da;

$$V = \frac{dy}{dt} = \frac{F.K}{L} \cdot \frac{de}{dt} = \frac{F.K}{L} (a + bP)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{F.K}{L} (a + bP) \quad (3.12)$$

olur.

3.2. Sevk Barutlarının Yanması Sonucu Açığa Çıkan Enerjinin Hesaplanması

Sevk barutunun namlu yanma odasında yanması sonucu açığa çıkan enerji (E);

$$E = m.C_V.T_O \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilebilir. C_V ile C_P arasındaki iki temel denklemden yola çıkılarak açığa çıkan toplam enerji kuvvet sabiti cinsinden ifade edilebilir.

$$C_P - C_V = \frac{n.R_U}{m}, \quad \frac{C_P}{C_V} = k \quad (3.14)$$

$$C_V = \frac{nR_U}{m(k-1)}$$

$$E = \frac{nR_U T_O}{k-1} = \frac{mF}{k-1} \quad (3.15)$$

- C_P : Gazın sabit basınçta özgül ısısını,
- C_V : Gazın sabit hacimde özgül ısısını,
- k : Gazın özgül ısı kapasiteleri oranını,
- m : Yanmış sevk barutunun kütleini,
- T_O : Yanma sıcaklığını ifade etmektedir.
- F : Kuvvet sabitidir.

Sevk barutunun yanması esnasında, herhangi bir t anında ortaya çıkan enerji hesaplanacak olursa, verilen t anında sevk barutu ilk kütleinin M , z kadarlık bölümü yanmış ise;

$$E = \frac{M \cdot z \cdot F}{k - 1} \quad (3.16)$$

olacaktır. Burada oluşum fonksiyonu olan z ;

$z = (\text{sevk barutunun } t_0 \text{ anındaki hacmi} - \text{sevk barutunun } t_1 \text{ anındaki hacmi}) / (\text{sevk barutunun } t_0 \text{ anındaki hacmi})$ şeklinde ifade edilir.

3.3. Enerjinin Korunumu İlkesiyle Namlu İçindeki Ortalama Gaz Basıncının Hesaplanması

Tüm sistemlerde olduğu gibi silah sistemlerinde de enerjinin korunumu ilkesi geçerlidir. Sevk barutunun silah namlusu yanma odasında yanması sonucu ortaya çıkan enerji değişik formlara dönüşmektedir. Bu formlar; Merminin kazandığı kinetik enerji (E_m), Barut gazında ısı olarak kalan enerji (E_I), Barut gazlarının kinetik enerjisi (E_b), Yanmamış barut parçacıklarının kinetik enerjisi (E_k), Silahın geri tepme enerjisi (E_g), Namluda radyal yönde gerilmelere neden olan enerji (E_r), Sürtünmeye harcanan enerji (E_s) 'dir.

E_b , E_k , E_g , E_r ve E_s modelde kolaylık sağlaması amacıyla toplanır ve toplam enerji E_T olarak ifade edilir. Toplam enerji dengesi;

$$\sum E = E_m + E_I + E_T \quad (3.17)$$

olur. Merminin dönü enerjisi ihmal edilirse, merminin sahip olduğu kinetik enerji aşağıdaki gibidir.

$$E_m = \frac{1}{2} m_m V_m^2 \quad (3.18)$$

m_m : Merminin kütlesi,

V_m : Merminin hızıdır.

Sevk barutunda kalan enerjinin hesaplanması oldukça zordur. Atış esnasında yanma odasında oluşan barut gazları, merminin namlu boyunca ilerlemesiyle giderek artan yanma odası hacmi sonucu basıncı azalarak merminin arkasından namlu iç çeperlerine temas ederek ve sıcaklığı azalarak namluyu terk eder . Bu durumda barut gazlarının namlu boyunca zamanla değişen anlık sıcaklık değerlerinin bulunması oldukça zordur. Bu sıcaklık değerleri aynı silahta aynı koşullarda farklılık gösterebilir çünkü yanma sonucu barutun sahip olduğu sıcaklık değerleri; sevk barutunun tamamen yanıp yanmamasına, namlu ve ortam sıcaklığına vb. faktörlere bağlıdır. Bu durumda sevk barutunun sıcaklığı ortalama T olarak alınırsa, Barut gazında ısı olarak kalan enerji;

$$E_I = M \cdot z \cdot C_V \cdot T \quad (3.19)$$

$$C_V = \frac{n \cdot R_U}{M \cdot z \cdot (k - 1)}$$

$$E = \frac{n \cdot R_U \cdot T}{k - 1}$$

Şeklinde ifade edilir. Nobel-Abel Denklemi kullanılarak;

$$P_{ort} (V - M \cdot z \cdot v) = n \cdot R_U \cdot T \quad (3.20)$$

$$E_I = \frac{P_{ort} (V - M \cdot z \cdot v)}{k - 1} \quad (3.21)$$

elde edilir.

P_{ort} : Ortalama gaz basıncı,

V : Barut gazları tarafından doldurulan gaz hacmi,

v : Sevk barutunun katı hale geçen kısmının özgül hacmidir.

Barut gazları tarafından doldurulan gazın hacmi, atış esnasında yanma odasında oluşan basınç ile merminin namlu boyunca ilerlemesiyle giderek artar. Bu sebeple sabit olmayan V hacmi;

$$V = V_H + A.X + V_B \quad (3.22)$$

- V_H : Namlu yanma odasındaki başlangıç hava boşluğu,
 A : Namlu kesit alanı,
 X : Namlu içinde mermi tarafından kat edilen mesafe,
 V_B : Yanma sonucu sevk barutunun boşalttığı hacimdir.

$$V_B = \frac{M.z}{\rho} \quad (3.23)$$

ρ : Sevk barutunun yoğunluğudur.

$$E_I = \frac{P_{ort}}{k-1} \left(V_H + A.X + \frac{M.z}{\rho} - M.z.v \right)$$

$$E_I = \frac{P_{ort}}{k-1} \left[V_H + A.X + M.z \cdot \left(\frac{1}{\rho} - v \right) \right] \quad (3.24)$$

olur.

$$\sum E = E_m + E_I + E_T = \frac{M.z.F}{k-1} \quad (3.25)$$

olduğundan dolayı toplam enerji dengesi;

$$\frac{M.z.F}{k-1} = \frac{1}{2} m_m V_m^2 + \frac{P_{ort}}{k-1} \left[V_H + A.X + M.z \cdot \left(\frac{1}{\rho} - v \right) \right] + E_T$$

Denklemden P_{ort} çekilirse, Barut gazlarının ortalama basınç değeri;

$$P_{ort} = \frac{M.z.F - (k-1) \left(\frac{1}{2} m_m V_m^2 + E_T \right)}{V_H + A.X + M.z \cdot \left(\frac{1}{\rho} - v \right)} \quad (3.26)$$

olarak bulunur.

BÖLÜM 4. NAMLU YANMA ODASI DAYANIMI

Atışlarda namlu yanma odasının içinde yüksek basınçlar oluşur. Bu basınç değerleri 1000 kgf/cm² – 4000 kgf/cm² arasında barut hakkı ve silah çeşitlerine göre değişir. Atış esnasında Namlu yanma odası yukarıdaki değerlerde basınca maruz kalması sonucu şişer ve uzar. Mermi namluyu terk ettikten sonra namlu tekrar eski halini alır ancak namluda her atış sonrası aşınmalar meydana gelir.

4.1. Çeliklerin Mekanik Özellikleri

Çelik standart bir deney çubuğu F kuvveti ile çekme testine tabi tutulduğunda L₀ uzunluğundaki deney çubuğunda bir miktar uzama (ΔL) meydana gelir. Malzemede meydana gelen değişiklikler;

$$\frac{P}{S} = E \frac{\Delta L}{L_0} \quad (4.1)$$

$$\sigma = E \frac{\Delta L}{L_0} \quad (4.2)$$

$\sigma = E \varepsilon$ şeklinde ifade edilir. Burada,

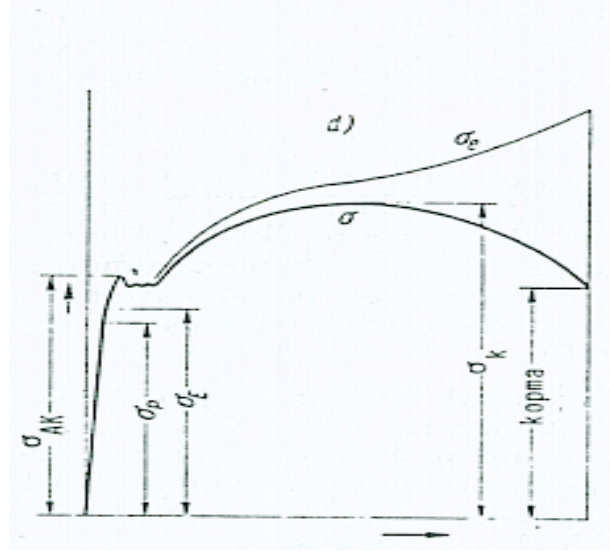
σ = Malzemenin Çekme Gerilmesi,

ε = Malzemenin Uzama Oranıdır.

E = Malzemenin Elastiklik (Young) Modülüdür.

Malzeme üzerine etki eden zorlama malzemenin elastik modülünü (E) aşmamışsa malzemede kalıcı bir deformasyon meydana gelmez, malzemenin üzerinden yük kaldırıldığında malzemede görülen uzama yok olur ve malzeme eski halini alır. Aksi durumda malzemede kalıcı bir deformasyon meydana gelir ve yük uygulanmaya devam edilirse de malzeme kopar. Bu durum sadece sünek malzemeler (alçak ve orta

karbonlu çelikler, alüminyum alaşımları) için geçerlidir. Gevrek malzemelerde (dökme demir,yüksek karbonlu çelikler) ise plastik şekil değiştirme çok az ya da hiç gözlenmeden malzeme aniden kopar.



Şekil 4.1. Hooke diagramı

Sünek bir malzemenin Hooke ($\sigma - E$) Diyagramını temsil eden şekil 4.1.deki diyagram incelenirse malzemenin önemli mekanik özellikleri şu şekilde sıralanabilir.

Orantı Sınırı (σ_p) : Bu sınıra kadar σ ile ϵ arasında $\sigma = E \epsilon$ (Hooke Kanunu) bağıntısı geçerlidir. Bu bölgede boyuna uzamanın yanı sıra çapsal bir büzülme de meydana gelir. Bu duruma bağlı olarak büzülme oranı;

$$\epsilon_r = \Delta d / d_0 = (d - d_0) / d_0 \quad (4.3)$$

Poission oranı (ν) ve sayısı (m);

$$\nu = \epsilon_r / \epsilon ; m = 1/\nu = \epsilon / \epsilon_r \quad (4.4)$$

Saf kesmeye maruz kalan malzemelerde Hooke Kanunu;

$\tau = G\gamma$ şeklinde ifade edilir. Burada γ kayma açısı, G ise kayma modülüdür.

Malzemede uzama meydana geldiğinde buna bağlı olarak kesit daralması da meydana gelir. Çekme durumunda kesit daralması;

$$\psi = \frac{\Delta S}{S} = \frac{\pi D_0^2 - \pi D^2}{\pi D_0^2} = \frac{D_0^2 - D^2}{D_0^2} = (D_0 + D) \frac{(D_0 - D)}{D_0^2} \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilir.Çelik çubuk uzunlamasına σ , aynı zamanda radyal yönde P basıncı ile çekildiğinde;

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{E}(\sigma + S_p), \quad (4.6)$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{E}(P + S\sigma) \quad (4.7)$$

ifadeleri kullanılır. Yapılan birçok laboratuvar araştırmasına göre σ ile P arasında $\sigma + P \leq E$ ilişkisi vardır. Burada E toplam gerilme değeridir.

Elastik Sınırı (σ_E) : Malzemenin elastik özelliğinin sona erdiği sınır olarak tarif edilir. Bu sınırdan sonra malzeme üzerine etkiyen yük arttırılırsa malzemede kalıcı (plastik) deformasyon meydana gelir. Plastik malzemeler için bu kural geçerli değildir. Plastik malzemeler elastik davranış göstermezler diğer bir ifadeyle Hooke Kanunu'na uymazlar. Bu malzemeler hem elastik hem de viskoz (akışkan) davranış gösterirler. Bu tip malzemelere viskoelastik malzemeler denir.

Akma Sınırı (σ_{AK}) : Plastik şekil değiştirmenin %0,2 değerine eriştiği gerilme sınırı olarak kabul edilir. Bu değerde malzemede büyük akmalar gözlemlenir. Akma sınırı aşıldıktan sonra malzemenin davranışı tam olarak bilinemez malzemede gerilme değerinde hafif düşüşler ve tekrar yükselmeler görülebilir.

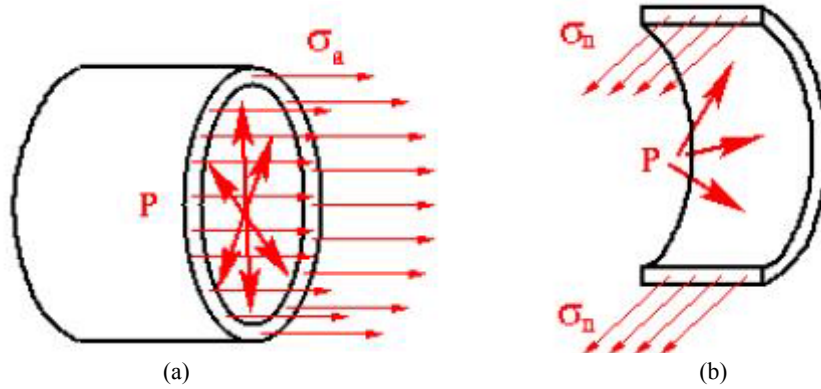
Kopma Sınırı (σ_K) : Malzeme kopmadan önce oluşan en büyük gerilmedir. Bu değere ulaşıldığı anda zorlanmaya gerek duyulmaksızın malzemede enine büzölmeler hızla artar, kesit gittikçe küçülür ve malzemede kopma meydana gelir.Kopma esnasında oluşan kopma uzama oranı;

$$\epsilon_K = \Delta L_K / L_0 = (L_K - L_0) / L_0 \quad (4.8)$$

şeklinde ifade edilir.

4.2. Namlu Yanma Odası İçinde Meydana Gelen Zorlanmalar

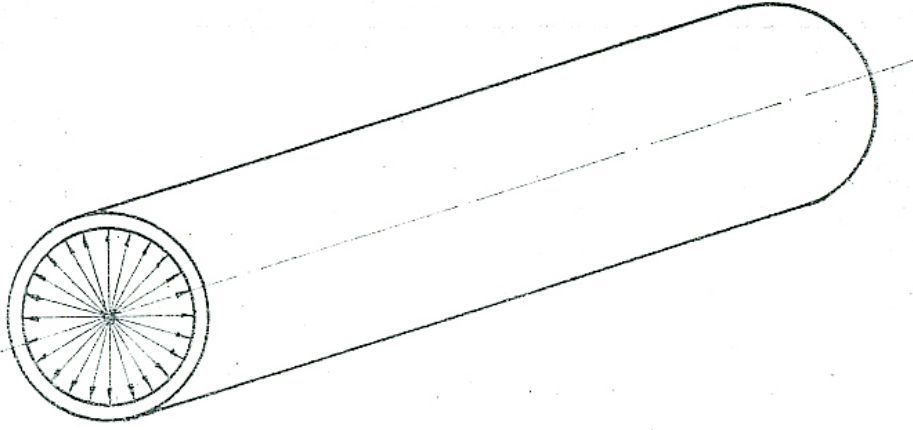
Namlu yanma odasında barutun yanması sonucu meydana gelen gaz basıncının etkileri, içi boş bir silindir içinde bir P basıncının etkileri gibi düşünülebilir.



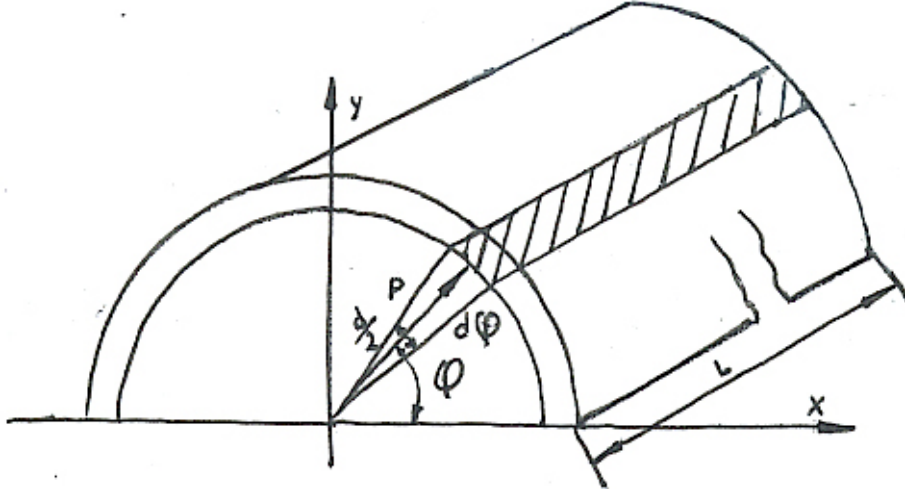
Şekil 4.2.(a,b) Namlu yanma odasında patlama sonrası iç çeperlere etki eden gerilmeler.

Barutun yanması sonucu meydana gelen gaz basıncı, namlunun iç cidarları, kamanın ön yüzeyi ve merminin dip yüzeyine P basıncı ile etki eder. Namlu içinde oluşan gaz basıncı (P), namluya iki şekilde etki eder; birincisi namluyu boylama eksenine dik doğrultuda namluyu ikiye ayırmaya zorlayan etki, ikincisi merminin dibine ve kamanın yüzeyine tesir eden etki. (Bkz. Şekil 4.2.)

Yukarıda izah edilen zorlamalara ilişkin ifadeler;



Şekil 4.2. Namluya etki eden kuvvet



Şekil 4.3. Namluyu zorlayan kuvvet

$$\Delta P = P \Delta S \quad (4.9)$$

$$\Delta P = PR d\varphi L$$

Şekil 4.3.'de görülen ΔS alanına etki eden kuvvet ΔP 'nin söz konusu yüzeyde iki bileşeni vardır. Bunlardan biri x doğrultusunda diğeri ise y doğrultusundadır. X doğrultusundaki bileşenlerin toplamı sıfır, y yönündeki bileşenlerin toplamı ise;

$$P_y = P \int_{\varphi=0}^{\varphi=\pi} \frac{D_i}{2} L \sin \varphi d\varphi$$

$$P_y = P \frac{D_i L}{2} \left| -\cos \varphi \right|_0^{\pi}$$

$$P_y = P \frac{D_i L}{2} |1 - (-1)|$$

$$P_y = PD_i L \quad (4.10)$$

olarak bulunur. Namlu yanma odasının mekanik dayanımı ise;

$$\sigma(D_o - D_i)L \text{ dir.} \quad (4.11)$$

Namlu yanma odasının bu konuma dayanması için;

$$P_y = \sigma(D_o - D_i)L$$

$$PD_i L = \sigma(D_o - D_i)L$$

$$\sigma_1 = \frac{PD_i}{D_o - D_i} \quad (4.12)$$

olmalıdır. σ_1 , Namlu yanma odasını boylama eksenine dik doğrultuda namluyu ikiye ayırmaya zorlayan gerilmedir. Namlu yanma odasını boylama eksenine dik doğrultuda zorlayan kuvvet;

$$P = \frac{P_i \pi D_i^2}{4} \text{ dür.} \quad (4.13)$$

Zorlanan kesitin dayanımı ise;

$$P_i = \sigma_2 \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) \text{ dir.} \quad (4.14)$$

Namlu yanma odasının iç basınca güvenle dayanması için;

$$P = P_i$$

$$P \frac{D_i^2 \pi}{4} = \sigma_2 \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2)$$

$$\sigma_2 = \frac{PD_i^2}{D_o^2 - D_i^2} \quad (4.15)$$

şeklinde ifade edilir. σ_2 , merminin dibine ve kamanın yüzeyine etki eden gerilmedir.

σ_1 ve σ_2 arasındaki ilişki;

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\frac{PD_i}{D_o - D_i}}{\frac{PD_i^2}{D_o^2 - D_i^2}} \quad (4.16)$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 \left(\frac{D_i}{D_o - D_i} \right) \left(\frac{D_o^2 - D_i^2}{D_i^2} \right)$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 \left(\frac{D_o + D_i}{D_i} \right)$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 \left(1 + \frac{D_o}{D_i} \right) \quad (4.17)$$

elde edilir. D_o her zaman D_i 'den büyüktür. Bu durumda, Namlu yanma odasını boylama eksenine dik doğrultuda namluyu ikiye ayırmaya zorlayan gerilme σ_1 , merminin dibine ve kamanın yüzeyine etki eden gerilmeden σ_2 büyüktür. Bu büyüklüğün mertebesi ise şu şekilde ifade edilir;

$$\sigma_2 = \sigma_1 \left(1 + \frac{D_o}{D_i} \right)$$

$$D_o = D_i \text{ olursa,}$$

$$\sigma_2 = 2\sigma_1,$$

$$D_o = 2D_i \text{ olursa,}$$

$$\sigma_2 = 3\sigma_1$$

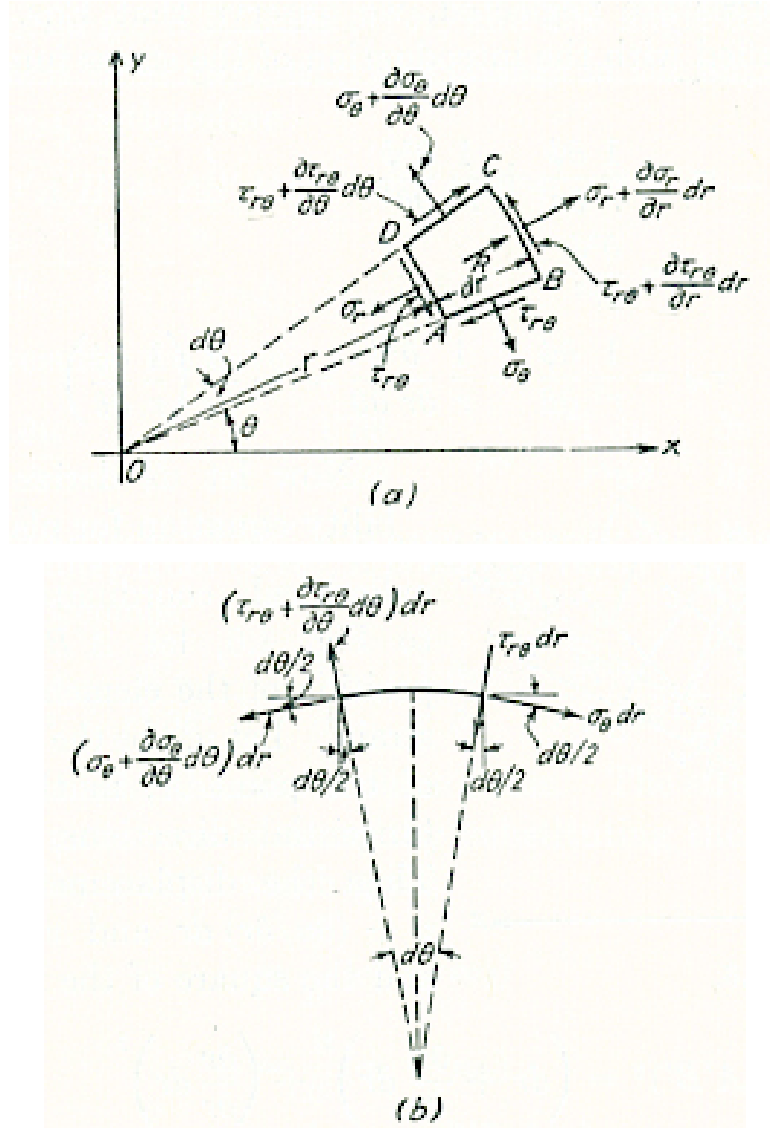
olur. Ancak imalat tecrübelerinden D_o dış çapının hiçbir zaman iç çapın üç katından fazla olduğu söylenemez. Bu durumda;

$$\sigma_1 < \sigma < 4\sigma_1 \quad (4.18)$$

Şeklinde özetleme yapmak mümkündür. Yukarıda verilen denklemlerden anlaşılacağı üzere Namlu yanma odasına atış esnasında etki eden en önemli zorlanma, Namlu yanma odasını ikiye ayırmaya zorlayan gerilmedir. Topun kamasına ve mermi tabanına etki eden gerilmeler ise kama dayanımı hesaplarında büyük önem taşır.

BÖLÜM 5. NAMLU YANMA ODASINA ETKİ EDEN GERİLMELERİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Namlu yanma odasına etki eden gerilmeler yanma odası üzerinden alınan birim parçacık üzerinde aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Burada σ_r radyal gerilmeleri, σ_θ teğetsel gerilmeleri, τ da kesme gerilmelerini temsil etmektedir.



Şekil 5.1.(a – b). Namluya etki eden gerilmeler

Şekil 5.1' de görüldüğü gibi namlu yanma odasına etki eden radyal kuvvetler;

$$\left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) (r + dr) d\theta - \sigma_r r d\theta \quad \text{dır.} \quad (5.1)$$

Ancak namlu yanma odasına radyal yönde etki eden kuvvetler sadece bu kuvvetler değildir. Bu kuvvetlere ek olarak Şekil b de görülen kuvvetlerin radyal yöndeki bileşenleri de eklendiğinde denklem(5.1) ;

$$\begin{aligned} & \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) (r + dr) d\theta - \sigma_r r d\theta - \left(\sigma_\theta + \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} d\theta \right) dr \cdot \sin \frac{d\theta}{2} - \sigma_\theta dr \cdot \sin \frac{d\theta}{2} + \\ & \left(\tau_{r\theta} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} d\theta \right) dr \cdot \cos \frac{d\theta}{2} - \tau_{r\theta} dr \cdot \cos \frac{d\theta}{2} \end{aligned} \quad (5.2)$$

şeklini alır. Burada $\sin \frac{d\theta}{2} \approx \frac{d\theta}{2}$ ise;

$$\begin{aligned} & \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) (r + dr) d\theta - \sigma_r r d\theta - \left(\sigma_\theta + \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} d\theta \right) dr \cdot \frac{d\theta}{2} - \sigma_\theta dr \cdot \frac{d\theta}{2} + \\ & \left(\tau_{r\theta} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} d\theta \right) dr - \tau_{r\theta} dr \end{aligned} \quad (5.3.)$$

Eğer F_r radyal yöndeki ataletsel kuvvet (body force) gösterilir, yüksek mertebeli terimler ihmal edilir ve kalan denklem $rdrd\theta$ ya bölünürse denklem 5.3. aşağıdaki şekli alır.

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + F_r = 0 \quad (5.4.)$$

F_θ teğetsel yöndeki ataletsel kuvvet (body force) olarak gösterilirse benzer şekilde teğetsel yöndeki kuvvet denklemi de yazılır.

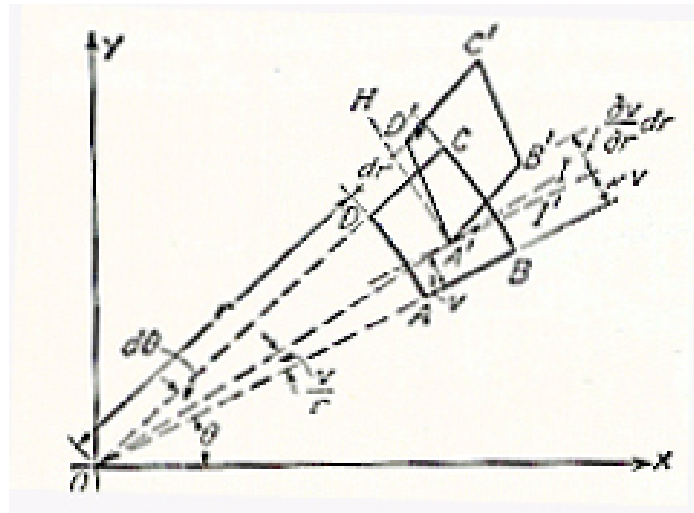
$$\frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta}}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} + F_{\theta} = 0 \quad (5.5)$$

Eğer atalet kuvvetleri ihmal edilir ve denklem 5.4. stres fonksiyonu olan ψ ile tanımlanırsa;

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta^2} \quad (5.6)$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} \quad (5.7)$$

$$\tau_{r\theta} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} - \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial r \partial \theta} = -\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) \quad (5.8)$$



Şekil 5.2. Atış esnasında birim parçacıkta meydana gelen konum değişikliği

Atış esnasında sevk barutunun yanması sonucu meydana gelen yüksek basınçtan kaynaklanan namlu yanma odasında elastik bölgede geçici şekil değişikliği meydana gelir. Meydana gelen bu şekil değişikliği Şekil 5.2.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Şekildeki ABCD parçacığı patlama sonucu çıkan yüksek basıncın etkisiyle A'B'C'D' parçacığına dönüşür. Bu değişim aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$(A'B')^2 = \left(dr + \frac{\partial u}{\partial r} dr \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial r} dr \right)^2 \quad (5.9)$$

$$A'B' = (1 + \delta_r)AB = (1 + \delta_r)dr$$

Yüksek dereceli terimler ihmal edilirse;

$$\delta_r = \frac{\partial u}{\partial r} \quad (5.10)$$

elde edilir. Şekil değiştirme olmadan önce AD uzunluğu $rd\theta$ şeklinde tanımlanırken, şekil değiştirme sonrası bu uzunluk $(r+u)d\theta$ şeklinde tanımlanmaktadır. Benzer şekilde diğer noktaları da şekil 5.2.'ye göre tanımlayacak olursak;

$$(A'D')^2 = [(1 + \delta_\theta)rd\theta]^2 = \left[(r+u)d\theta + \frac{\partial v}{\partial r}rd\theta \right]^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial r}rd\theta \right)^2 \quad (5.11)$$

Yüksek dereceli terimler ihmal edilirse;

$$\delta_\theta = \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} \quad (5.12)$$

elde edilir. Benzer şekilde AB 'nin $A'B'$, AD 'nin $A'D'$ konumuna gelmesi için meydana gelen şekil değiştirme çıkarılır;

$$\gamma_{r\theta} = \frac{\partial u}{r\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \quad (5.13)$$

Bütün sonuçlar bir araya getirilirse;

$$\delta_r = \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \delta_\theta = \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta}, \quad \gamma_{r\theta} = \frac{\partial u}{r\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}$$

elde edilir. Denklem 5.7.'de u ve v elimine edilirse;

$$\frac{\partial^2 \delta_\theta}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \delta_r}{r^2 \partial \theta^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \delta_\theta}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial \delta_r}{\partial r} = \frac{\partial^2 \gamma_{r\theta}}{r \partial r \partial \theta} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \gamma_{r\theta}}{\partial \theta} \quad (5.14)$$

elde edilir. Gerilme-deformasyon ilişkisi, x yerine r , y yerine θ konularak polar koordinatlarda bulunabilir.

$$\delta_r = \frac{1}{E}(\sigma_r - \nu\sigma_\theta)$$

$$\delta_\theta = \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \nu\sigma_r) \quad (5.15)$$

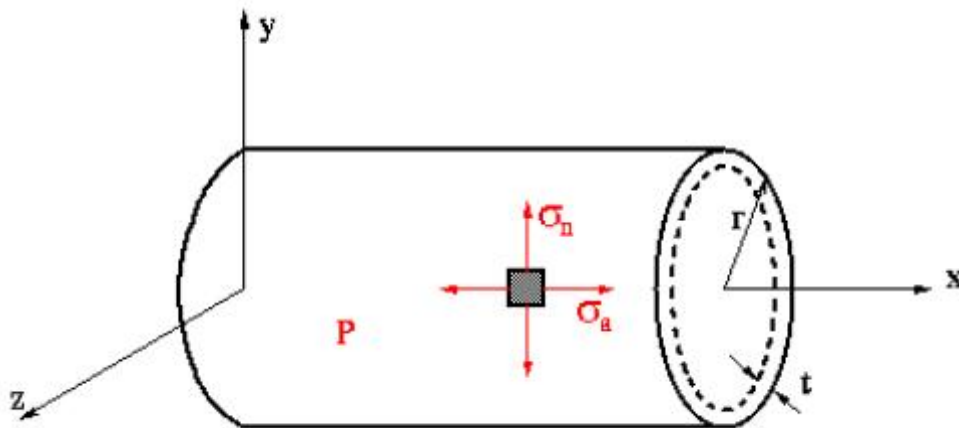
$$\gamma_{r\theta} = \frac{1}{G}\tau_{r\theta} = \frac{2(1+\nu)}{E}\tau_{r\theta} \quad (5.16)$$

Bu denklemleri, denklem 5.14'ün içine koyarsak;

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2}{\partial r^2}(\sigma_r - \nu\sigma_\theta) + \frac{\partial^2}{r^2 \partial \theta^2}(\sigma_\theta - \nu\sigma_r) + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r}(\sigma_\theta - \nu\sigma_r) - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(\sigma_r - \nu\sigma_\theta) \\ & = 2(1+\nu) \frac{\partial^2 \tau_{r\theta}}{r \partial r \partial \theta} + 2(1+\nu) \frac{1}{r^2} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{d\theta} \end{aligned} \quad (5.17)$$

Denklem 5.17, $1/E$ faktörü önemsenmediğinde ve denklem 5.14'deki stres fonksiyonu yerine yazıldığında uygunluk denklemi aşağıdaki halini alır.

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right) \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta^2} \right) = 0 \quad (5.18)$$

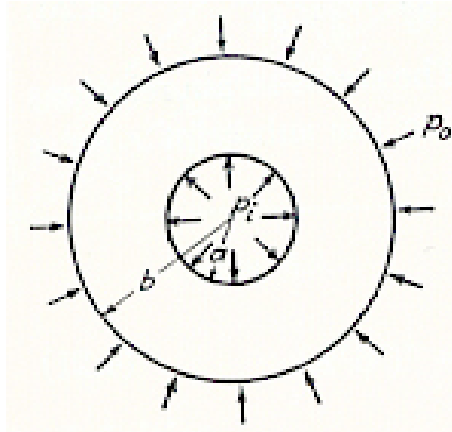


Şekil 5.4. Namlu yanma odasında patlama sonrası iç çeperlere etki eden basınç

$\frac{r}{t} \geq 20$ ise namlu yanma odası ince cidarlı, değil ise kalın cidarlı olarak değerlendirilip matematik model bu bilgiye göre oluşturulmalıdır. Namlu yanma odasının dış yarıçapı $r = 153\text{mm}$, et kalınlığı $t = 70.5\text{mm}$ 'dir.

$$\frac{r}{t} = \frac{153}{70,5} = 2,17 \quad (5.19)$$

O halde namlu yanma odası kalın cidarlıdır. Kalın cidarlı silindirlere şekil 5.4.'de görüldüğü gibi içten ve dıştan basınç yüklemesi olduğunda aşağıdaki denklemler kullanılır;



Şekil 5.4. Namlu yanma odasında patlama sonrası iç çeperlere etki eden basınç.

P_o dış basınç bu problem için (atmosfer basıncı), P_i iç basınç, a iç yarıçap ve b dış yarıçapı temsil etmektedir. Bu durumda sınır şartları;

$$\begin{aligned} r = a \text{ iken } \sigma_r &= -P_i, \\ r = b \text{ iken } \sigma_r &= P_o \end{aligned} \quad (5.20)$$

şeklinde yazılır. Sevk barutunun yanması sonucu namlu yanma odası iç çeperlerine etki eden radyal yöndeki gerilmeler, namlu eksenine boyunca xy düzlemine dik olarak tesir eder. Böylece stres fonksiyonu ψ , sadece r 'ye bağlıdır. θ 'ya bağlı değildir. Bu durumda denklem 5.18 aşağıdaki hali alır,

$$\left(\frac{d^2}{dr^4} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr}\right) \left(\frac{d^2\psi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\psi}{dr}\right) = 0$$

$$\frac{d^4\psi}{dr^4} + \frac{2}{r} \frac{d^3\psi}{dr^3} - \frac{1}{r^2} \frac{d^2\psi}{dr^2} + \frac{1}{r^3} \frac{d\psi}{dr} = 0 \quad (5.21)$$

Denklem 5.21 bir lineer homojen diferansiyel denklemdir. $\xi = \log r$ olarak tanımlandığında ξ denklem 5.21'in içine konursa denklem 5.21 aşağıdaki halini alır,

$$\frac{d\psi}{dr} = \frac{d\psi}{d\xi} \frac{d\xi}{dr} = \frac{1}{r} \frac{d\psi}{d\xi}$$

$$\frac{d^2\psi}{dr^2} = \frac{d}{dr} \left(\frac{d\psi}{dr} \right) = \frac{1}{r^2} \left(\frac{d^2\psi}{d\xi^2} - \frac{d\psi}{d\xi} \right)$$

$$\frac{d^3\psi}{dr^3} = \frac{1}{r^3} \left(\frac{d^3\psi}{d\xi^3} - 3 \frac{d^2\psi}{d\xi^2} + 2 \frac{d\psi}{d\xi} \right)$$

$$\frac{d^4\psi}{dr^4} = \frac{1}{r^4} \left(\frac{d^4\psi}{d\xi^4} - 6 \frac{d^3\psi}{d\xi^3} + 11 \frac{d^2\psi}{d\xi^2} - 6 \frac{d\psi}{d\xi} \right)$$

$$\frac{d^4\psi}{d\xi^4} - 4 \frac{d^3\psi}{d\xi^3} + 4 \frac{d^2\psi}{d\xi^2} = 0 \quad (5.22)$$

Sabit katsayılı bir diferansiyel denklem halini alır. Genel çözüm;

$$\psi = C_1 \xi e^{2\xi} + C_2 e^{2\xi} + C_3 \xi + C_4$$

$$\psi = C_1 r^2 \log r + C_2 r^2 + C_3 \log r + C_4 \quad (5.23)$$

C_1, C_2, C_3 ve C_4 integral sabitleridir. Denklem 5.23'ten gerilme bileşenleri;

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{d\psi}{dr} = C_1 (1 + 2 \log r) + 2C_2 + \frac{C_3}{r^2} \quad (5.24)$$

$$\sigma_\theta = \frac{d^2\psi}{dr^2} = C_1 (3 + 2 \log r) + 2C_2 - \frac{C_3}{r^2} \quad (5.25)$$

$$\tau_{r,\theta} = 0 \quad (5.26)$$

Gerinim bileşenleri aşağıdaki şekilde tanımlanırsa;

$$\delta_r = \frac{du}{dr}, \quad \delta_\theta = \frac{u}{r}, \quad \gamma_{r\theta} = \frac{dv}{dr} - \frac{v}{r} \quad (5.27)$$

Eğer namlunun uç kısmı uzamak için serbest ise gerilme-gerinim ilişkisi denklem 5.15 kullanılarak elde edilir. Şöyleki;

$$\frac{du}{dr} = \frac{1}{E}(\sigma_r - \nu\sigma_\theta) \quad \text{ve} \quad \frac{u}{r} = \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \nu\sigma_r) \quad (5.28)$$

Birinci denklemden,

$$Eu = C_1[r(1-3\nu) + 2(1-\nu)(r \log r - r)] + 2C_2(1-\nu)r - C_3(1+\nu)\frac{1}{r} + C_5 \quad (5.29)$$

C_5 integrasyon sabitidir.

İkinci denklemden,

$$Eu = C_1[r(3-\nu) + 2r(1-\nu)\log r] + 2C_2(1-\nu)r - C_3(1+\nu)\frac{1}{r} \quad (5.30)$$

Denklemleri elde edilir. Her iki denklemde de u 'ların eşit olabilmesi için, $C_1 = 0$ ve $C_5 = 0$ olmalıdır.

$$Eu = 2C_2(1-\nu)r - C_3(1+\nu)\frac{1}{r} \quad (5.31)$$

Namlu dairesel olarak simetrik olduğu için C_1 sıfır olur. Bu durumda denklem 5.20'de yazılan sınır şartları şu hali alır;

$$2C_2 + \frac{C_3}{a^2} = -P_i \quad , \quad 2C_2 - \frac{C_3}{b^2} = -P_o \quad (5.32)$$

$$2C_2 = \frac{P_i a^2 - P_o b^2}{b^2 - a^2}, \quad C_3 = \frac{a^2 b^2 (P_o - P_i)}{b^2 - a^2} \quad (5.33)$$

Sınır şartlarına göre, kalın cidarlı namlu yanma odasında sevk barutunun yanması sonucu yanma odasına tesir eden radyal ve teğetsel gerilmeler aşağıda çıkartılan denklemlerle hesaplanır.

$$\sigma_r = \frac{a^2 b^2 (P_o - P_i)}{b^2 - a^2} \frac{1}{r^2} + \frac{P_i a^2 - P_o b^2}{b^2 - a^2} \quad (5.34)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{a^2 b^2 (P_o - P_i)}{b^2 - a^2} \frac{1}{r^2} + \frac{P_i a^2 - P_o b^2}{b^2 - a^2} \quad (5.35)$$

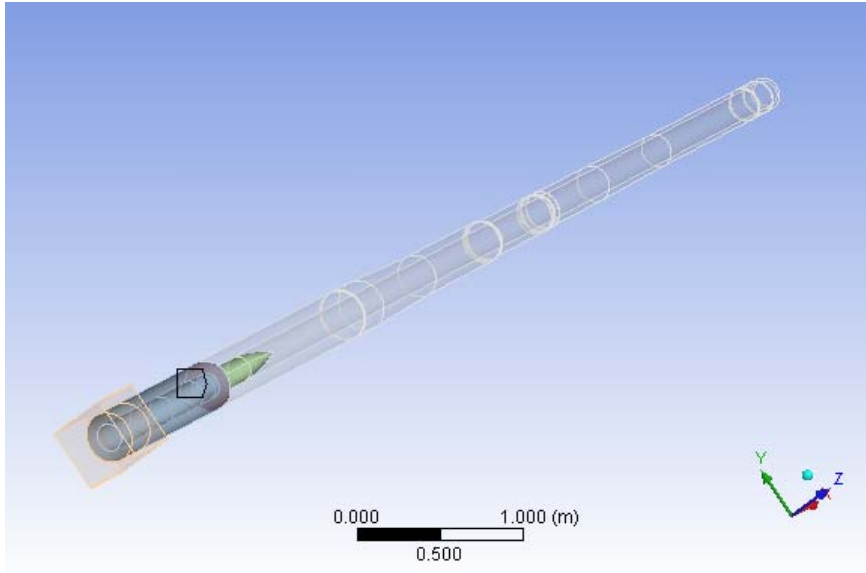
BÖLÜM 6. NAMLU YANMA ODASININ MODELLENMESİ VE ANALİZLER

6.1. ANSYS ve Sonlu Elemanlar Metodu Hakkında Genel Bilgiler

ANSYS, sonlu eleman analizinde kullanılan oldukça yaygın ve ayrıntılı bir bilgisayar programıdır. ANSYS programı ile lineer, nonlineer, transient problemlerin gerilme analizi, statik-dinamik problemler, ısı transferi, akışkanlar mekaniği, elektromagnetik problemler ve birçok mühendislik alanında (otomotiv, aerodinamik vb.) çözümler yapabileme imkanı mevcuttur.

6.2. Modelin Oluşturulması

Namlunun ANSYS programında analiz edilmeden önce ProE üç boyutlu modelleme programında modellendi (Bkz. Şekil 6.1.)



Şekil 6.1 Üç boyutlu namlu modeli

Analizlerde kullanılacak namlu 155mm 52 kalibredir. 155 mm merminin ilerlediği namlunun iç çapıdır. 52 kalibre ise namlu boyunun namlu iç çapına oranlanması sonucu elde edilen boyutsuz sayıdır. Diğer bir ifadeyle namlu iç çapıyla, kalibre değerini çarparsak namlu uzunluğunu elde etmiş oluruz. Şöyleki;

$$\text{Namlu boyu} = 155 \times 52$$

$$\text{Namlu boyu} = 8060\text{mm.dir.}$$

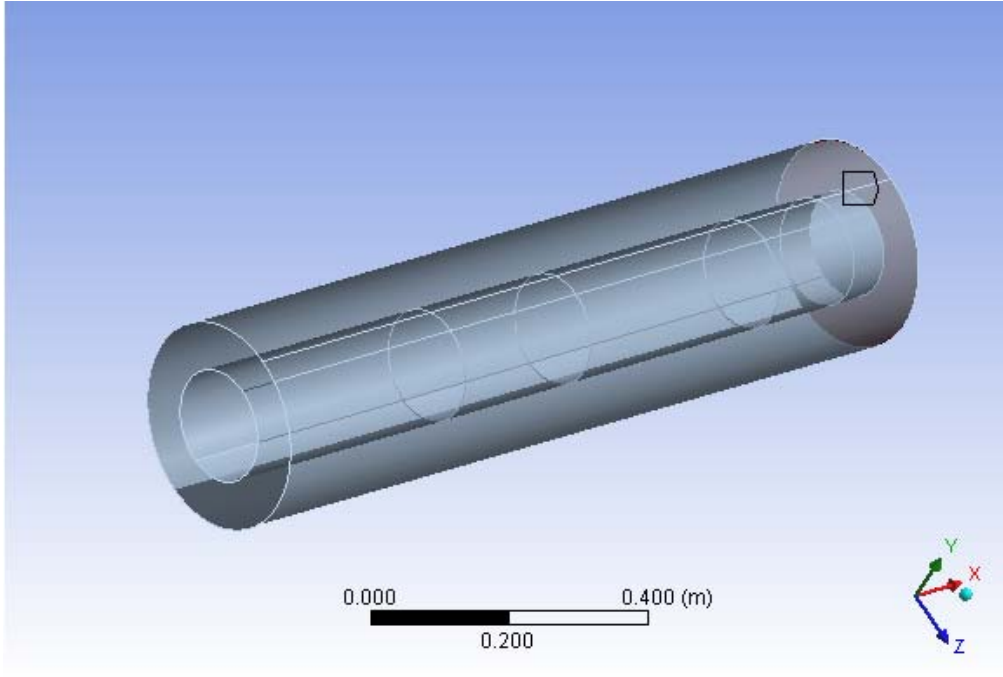
Namluda merminin ilerlemesi namlu içinde sevk barutunun yanması sonucu ortaya çıkan yüksek basınç sayesinde gerçekleşmektedir. Sevk barutu Şekil 6.1'de koyu mavi olarak gösterilen kısımda yanmaktadır. Bu bölüme namlu yanma odası denir.

Namlu içerisinde en büyük basınç bu kısımda meydana geldiği için namlu yanma odaları namlu tasarımında en kritik yer olarak belirlenir. Bu düşünceyle bu tezde namlu yanma odasına etki eden gerilmeler ve meydana gelen deformasyonlar incelenecektir. 155mm namlunun yanma odasının uzunluğu 1216mm.dir.

Mermi yanma odasına konmaz. Yanma odasına sadece sevk barutları yerleştirilir. Şekil 6.1.'de görüldüğü üzere mermi yanma odasının çıkış kısmına konur. Yanma odasında mermi ilerlemediği için yanma odasının içinde yiv-set yoktur.

Yanma odasının içi hafif konik bir yapıya sahiptir. Yanma odasının giriş çapı 165mm çıkış çapı ise yaklaşık olarak 155mm.dir. Yanma odasının bu şekilde tasarlanmasının sebebi otomatik yükleyicinin mermiyi kolayca namlu içine yükleyebilmesi içindir.

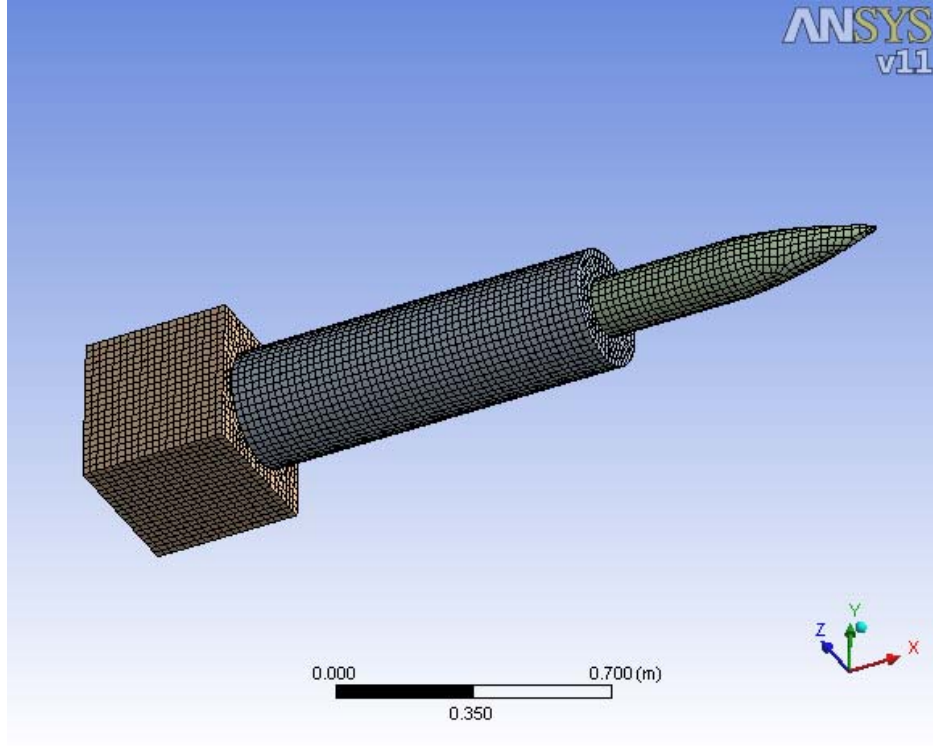
Yukarıda verilen ölçüler ışığında namlu yanma odası da ProE üç boyutlu modelleme programında modelledikten sonra elde edilen üç boyutlu çizimler ANSYS analiz programına analiz yapmak üzere aktarılmıştır.



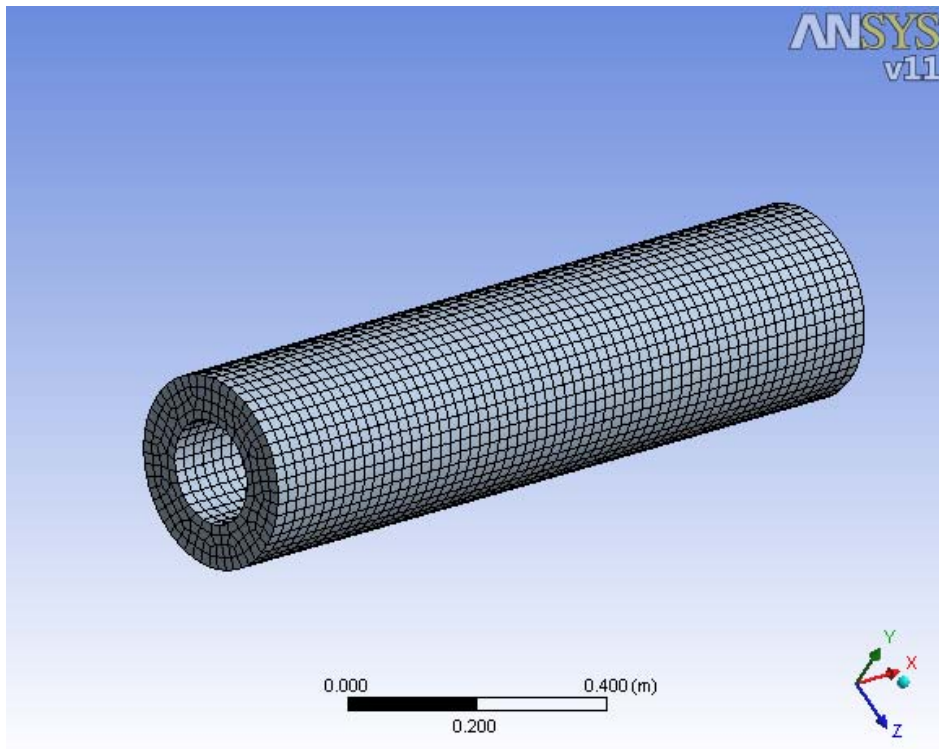
Şekil 6.2. Namlu yanma odasının üç boyutlu modeli

6.3. Namlu Yanma Odasının Meshlenmesi

ProE programında çizilen model analiz edilmek üzere ANSYS'e aktarıldıktan sonra namlu, mermi ve kama meshleme işlemine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına en büyük etkinin meshleme işleminden kaynaklandığı düşünüldüğünde bu işlemin ne derece önemli olduğu açıktır. Üç farklı mesh tipi vardır. Bunlar üçgen, prizma ve kare mesh tipleridir. Bu mesh tipleri içinde en iyi sonuçları kare mesh ile meshlenmiş geometriler verir. Üçgen meshler genellikle kare meshlemenin mümkün olmadığı çok kompleks parçalarda kullanılır. Prizma meshler ise şeklin karmaşıklığına göre bir kısmı üçgen bir kısmı kare yapılan geometrilerde, kare mesh ile üçgen meshin arasında bütünleştirici olması için kullanılır. Bu nedenle analiz sonuçlarının çok iyi çıkması için namluya, mermiye ve kamaya kare meshleme yapılmıştır.(Bkz. Şekil 6.3. ve Şekil 6.4.)



Şekil 6.3. Meshleme işlemi tamamlanarak analize hazır hale gelen yanma odası

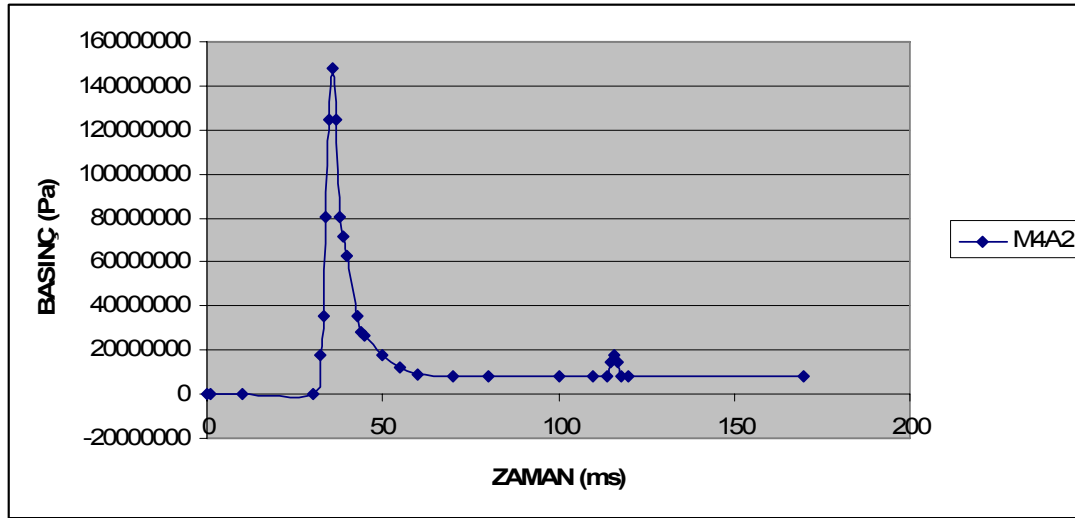


Şekil 6.4. Kare meshlenmiş namlu yanma odası

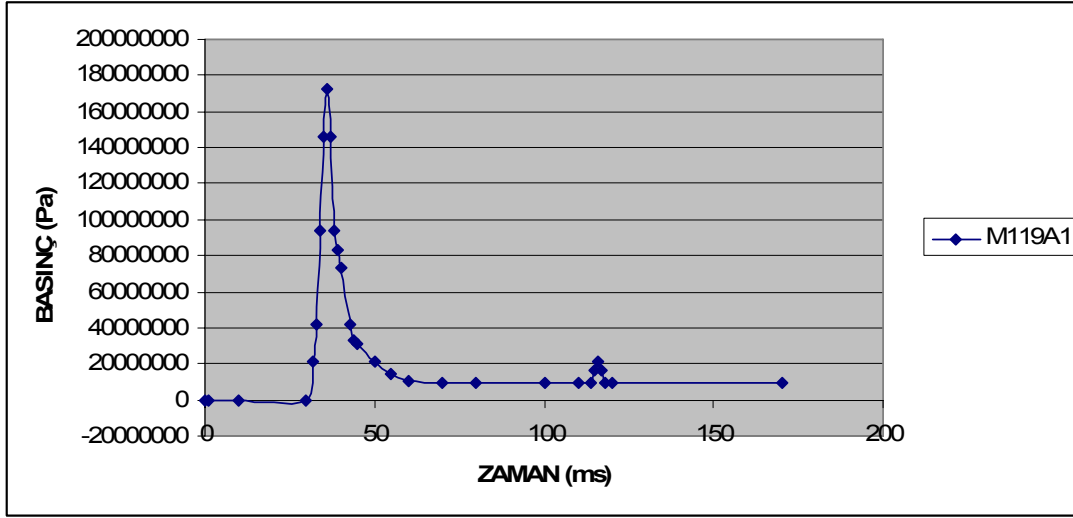
6.4. Namlu Yanma Odası Analizi

Namlu içerisinde en büyük basınç yanma odasında meydana geldiği için namlu yanma odaları namlu tasarımında en kritik yer olarak belirlenir. Yanma odası içindeki yanma, aslında zamana bağlı bir patlama şeklinde gerçekleşmektedir.

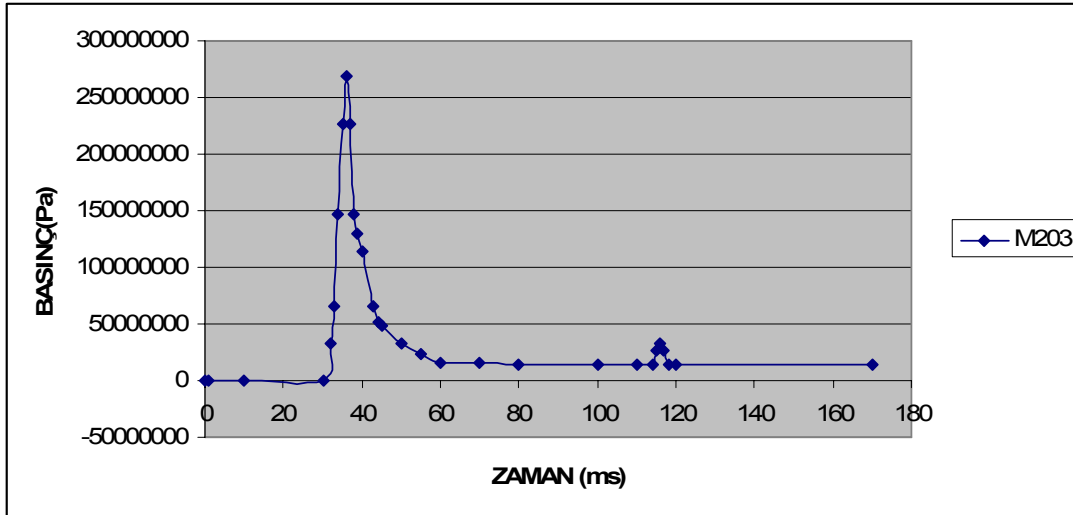
Bu tezde analizde üç farklı sevk barutu ve üç farklı namlu malzemesi kullanılmıştır. Farklı malzemelerin, farklı sevk barutları kullanıldığı zamanki davranışları, namlu yanma odasındaki gerilmelerin büyüklükleri ve deformasyonları karşılaştırılarak optimum namlu malzemesi seçilmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla obüs atışlarında en sık kullanılan üç farklı sevk barutu seçilmiştir. Bunlar; M4A2, M119A1 ve M203 sevk barutlarıdır. M4A2 sevk barutu namlu yanma odasında yandığı zaman çıkan maksimum basınç miktarı 148,3MPa'dır. Aynı yanma odasında yanan M119A1 barutunda ise ortaya çıkan maksimum basınç miktarı 172,4MPa, bu değer M203 sevk barutunda da 269MPa olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.5. M4A2 Sevk barutunun yanması sonucu, mermi namluyu terk edinceye kadar namlu yanma odasındaki zamana bağlı basınç değişimi



Şekil 6.6. M119A1 Sevk barutunun yanması sonucu, mermi namluyu terk edinceye kadar namlu yanma odasındaki zamana bağlı basınç değişimi



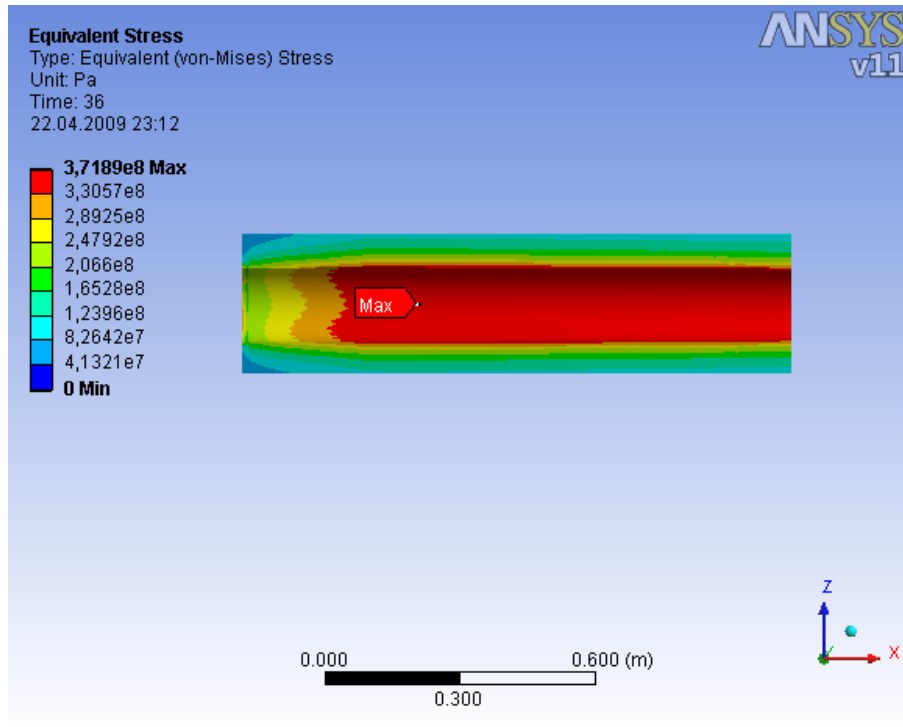
Şekil 6.7. M203 Sevk barutunun yanması sonucu, mermi namluyu terk edinceye kadar namlu yanma odasındaki zamana bağlı basınç değişimi

Analizde üç farklı namlu malzemesi kullanılmıştır. Bu malzemeler; Temperlenmiş çelik, dökme demir ve titanyum alaşımlı çeliktir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri tablo 6.1'deki gibidir.

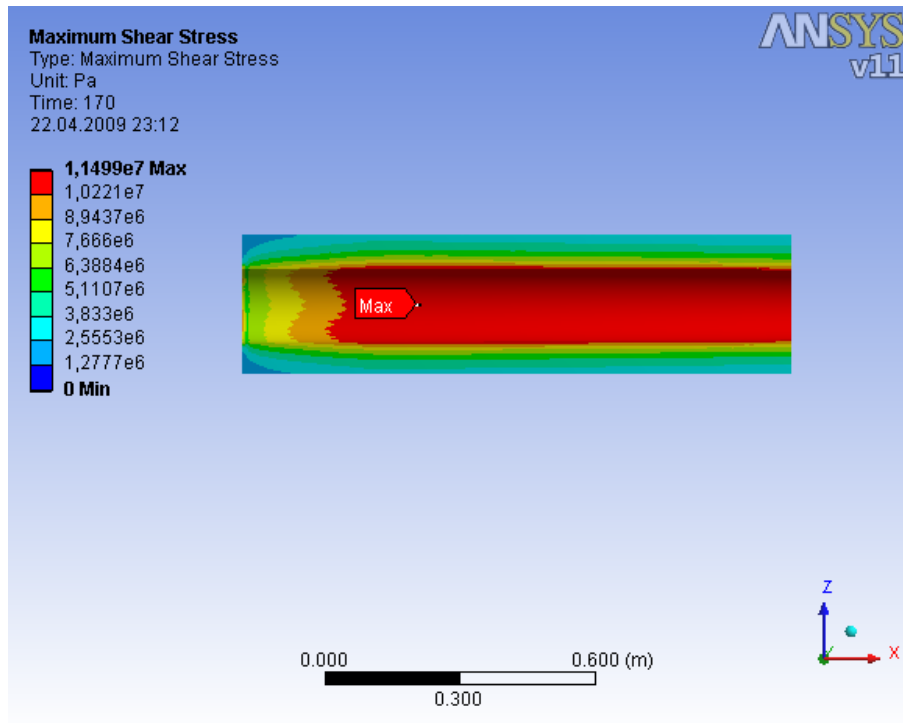
Tablo 6.1. Malzemelerin mekanik özellikleri [13]

MEKANİK ÖZELLİKLER	BİRİM	TEMPERLENMİŞ ÇELİK	DÖKME DEMİR	TİTANYUM ALAŞIMLI ÇELİK
ELASTİK MODÜL	Pa	2×10^{11}	$1,45 \times 10^{11}$	$9,6 \times 10^{10}$
POISSON ORANI	-	0,3	0,28	0,36
YOĞUNLUK	Kg/m ³	7850	7300	4620
ISIL GENİŞLEME	1/°C	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-5}$	$9,4 \times 10^{-6}$
AKMA GERİLMESİ	MPa	1000	0 (kırılma noktası: 400 MPa)	930
ISIL İLETKENLİK	W/m°C	60,5	52	21,9
ÖZGÜL ISI	J/kg°C	434	477	522

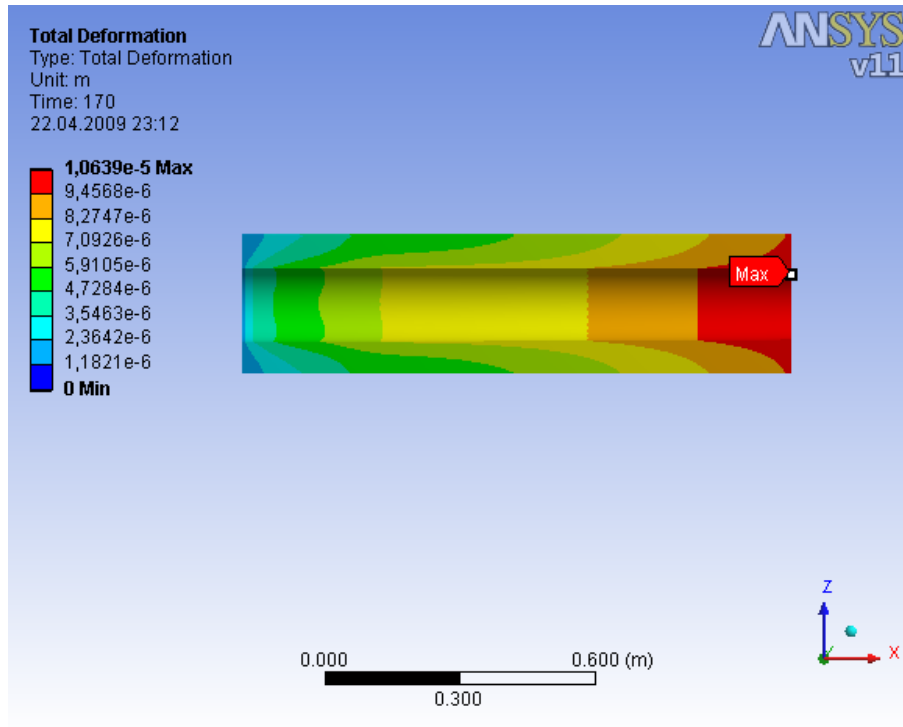
Temperlenmiş çelik malzemedan meydana gelen namlu yanma odası, dökme demir malzemedan meydana gelen namlu yanma odası ve titanyum alaşımlı çelik malzemedan meydana gelen namlu yanma odası; sırasıyla M4A2, M119A1 ve M203 sevk barutları kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları kesit alınarak aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



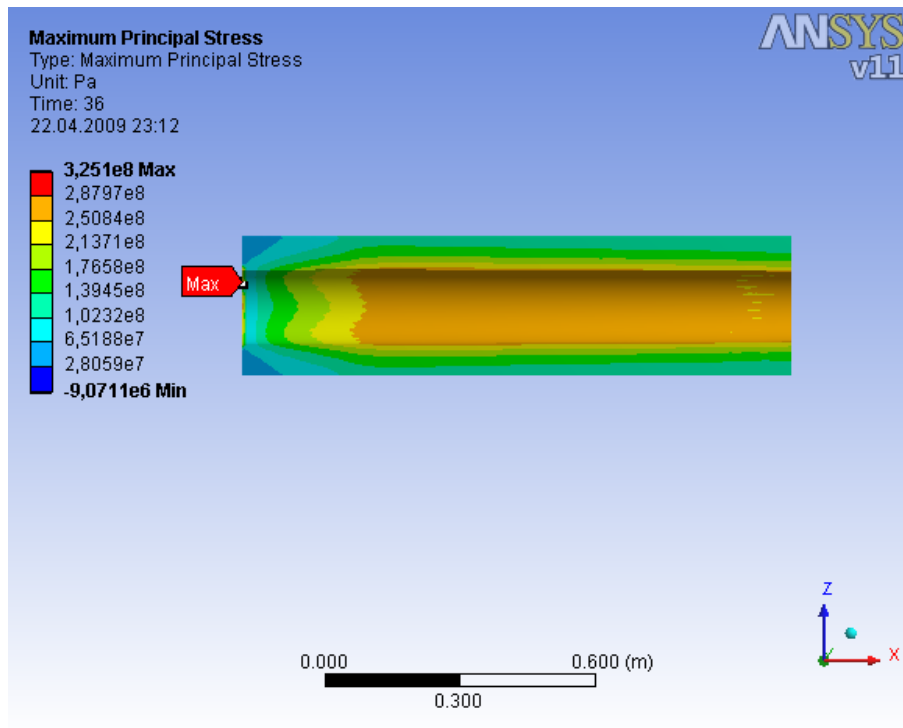
Şekil 6.8. M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



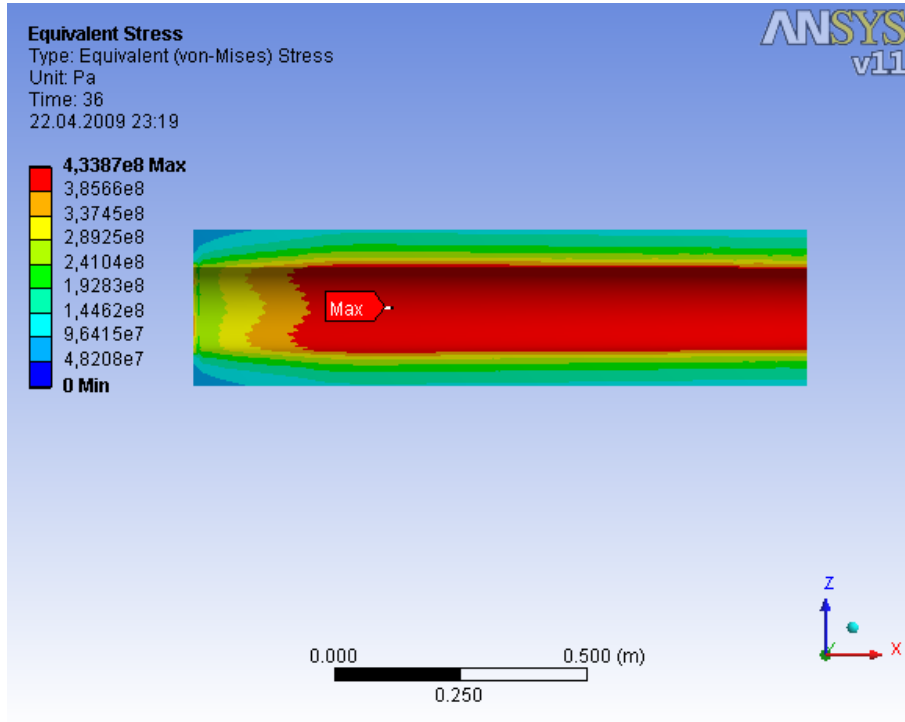
Şekil 6.9. M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



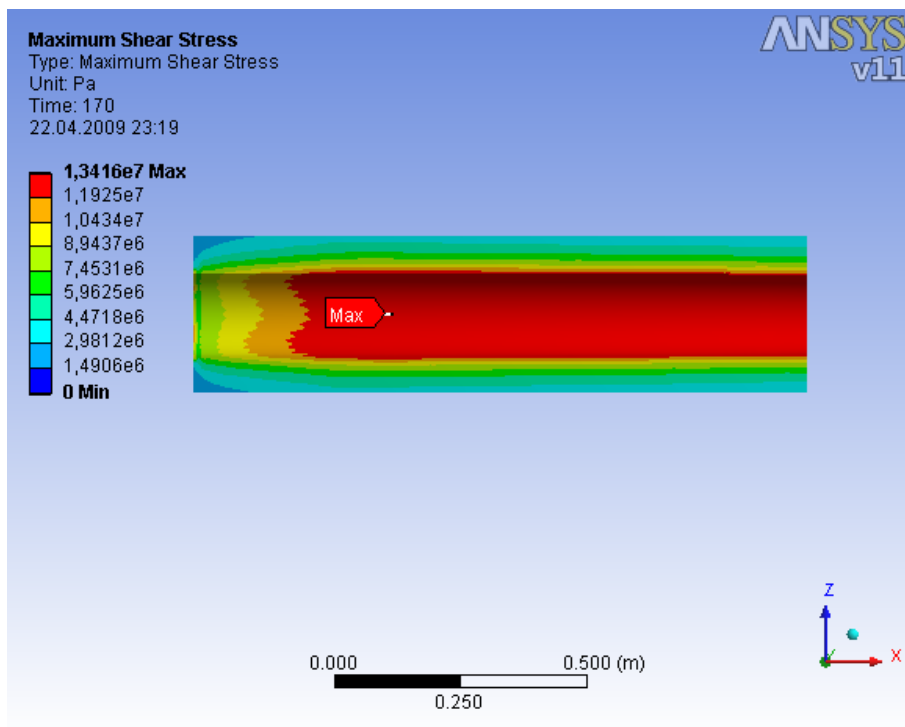
Şekil 6.10. M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



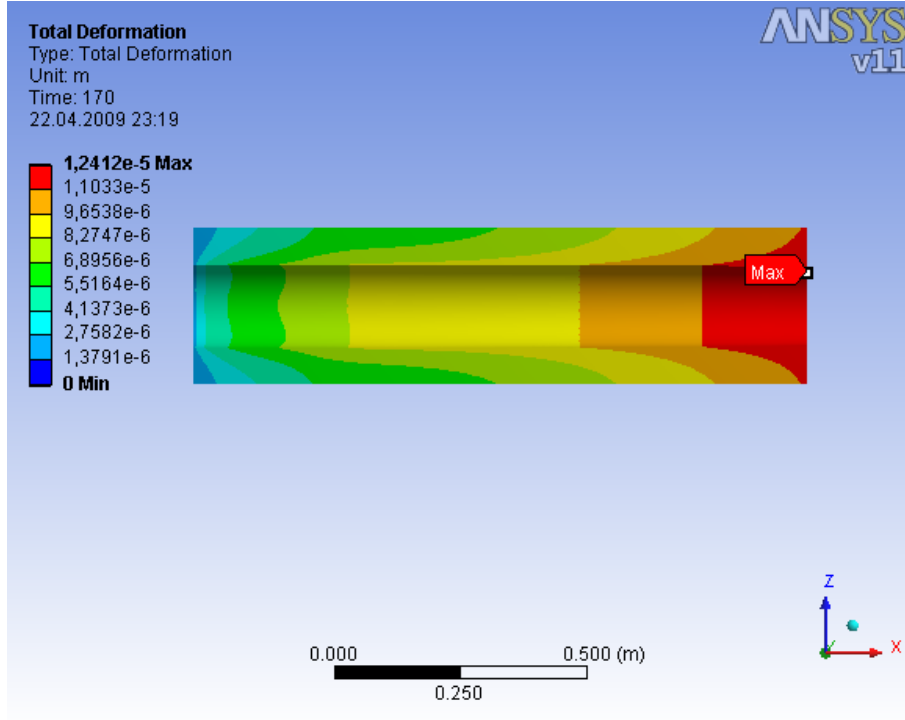
Şekil 6.11. M4A2 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



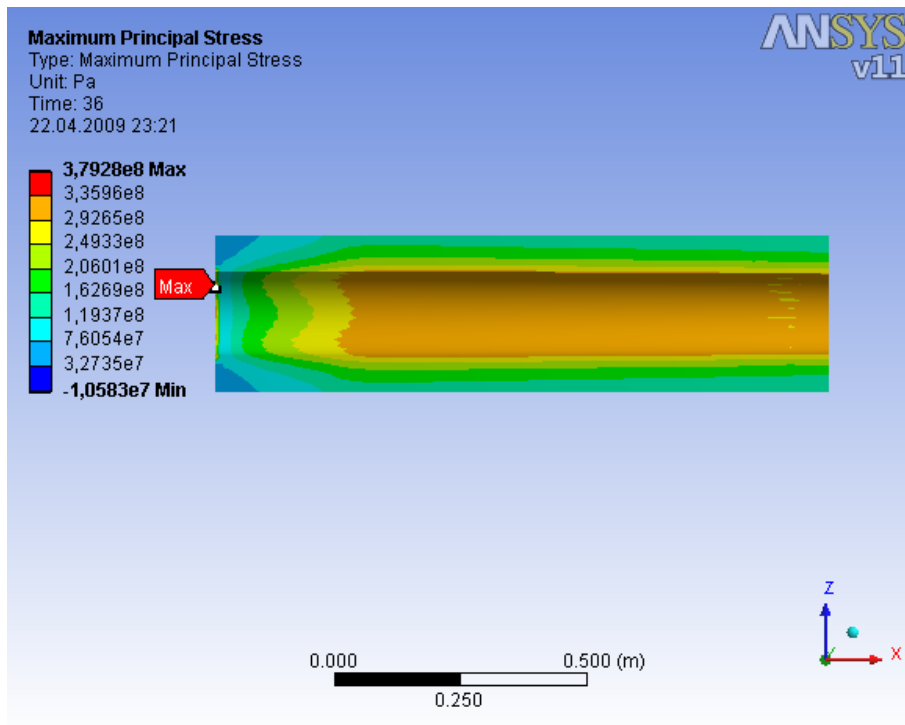
Şekil 6.12. M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



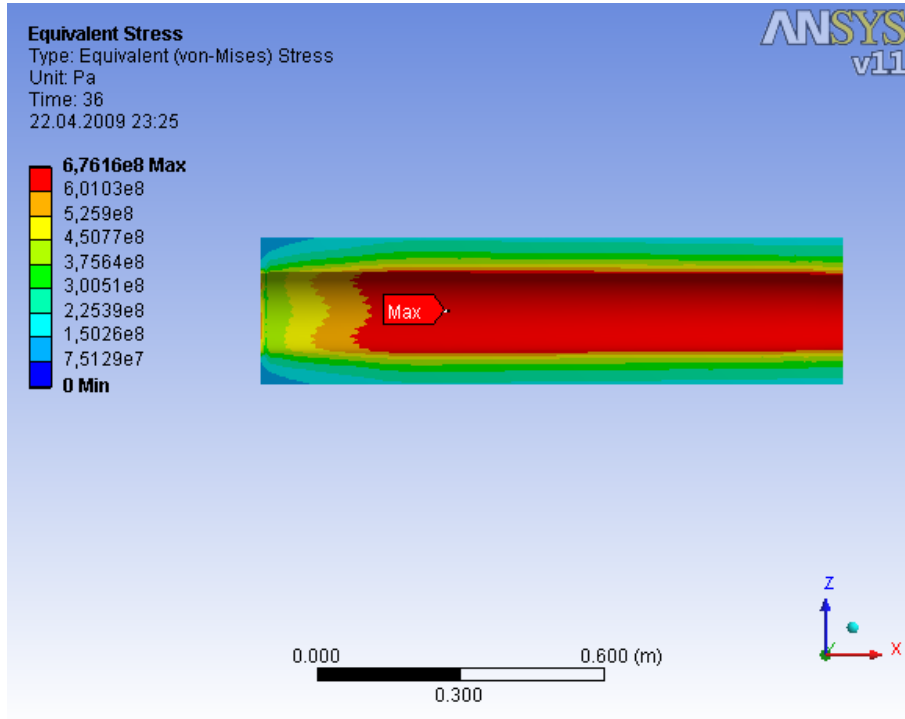
Şekil 6.13. M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



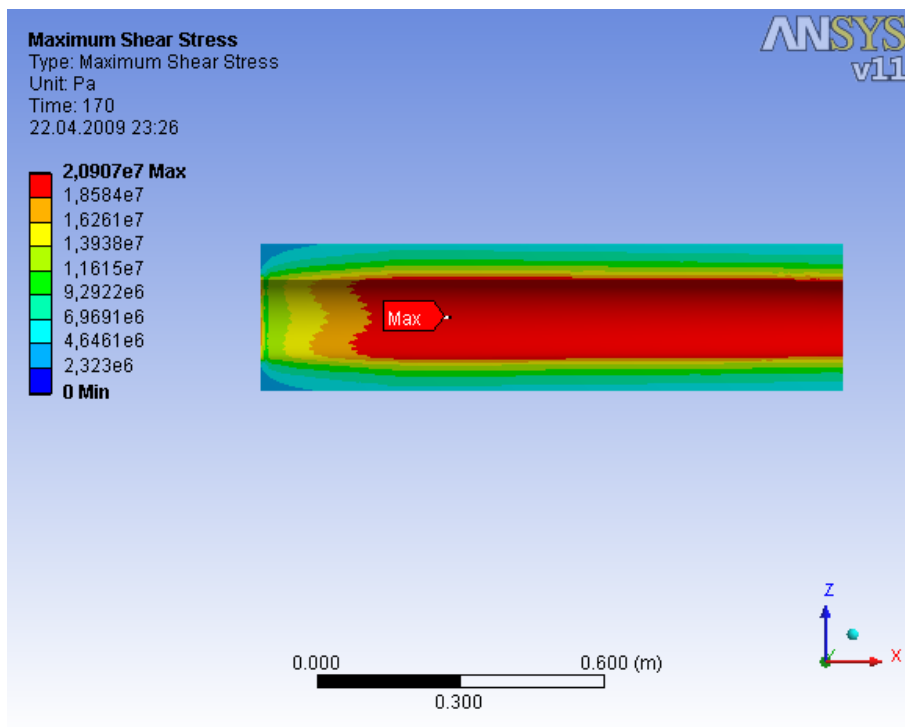
Şekil 6.14. M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



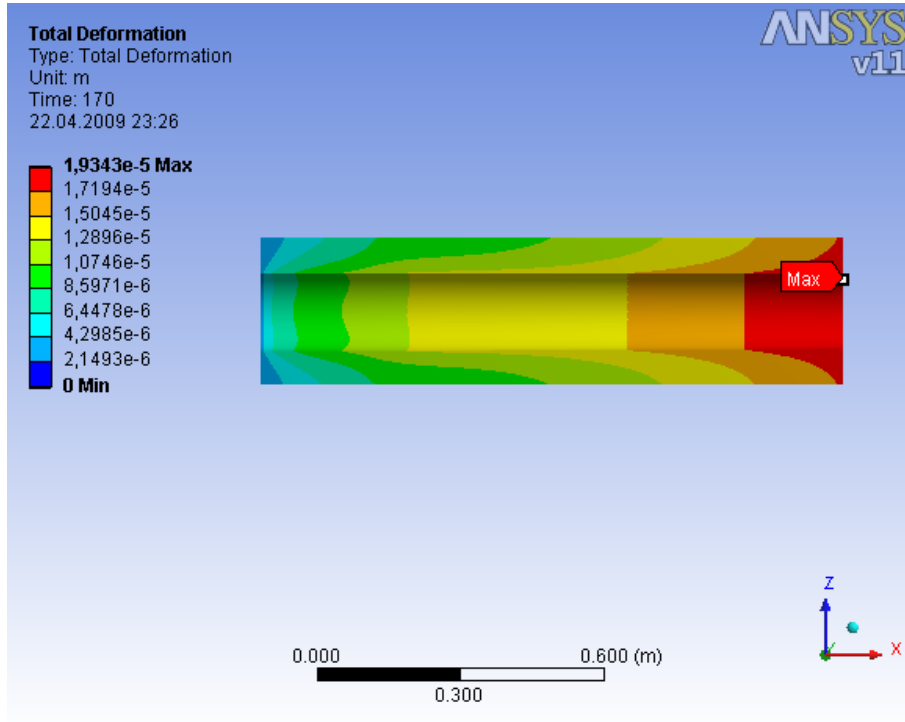
Şekil 6.15. M119A1 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



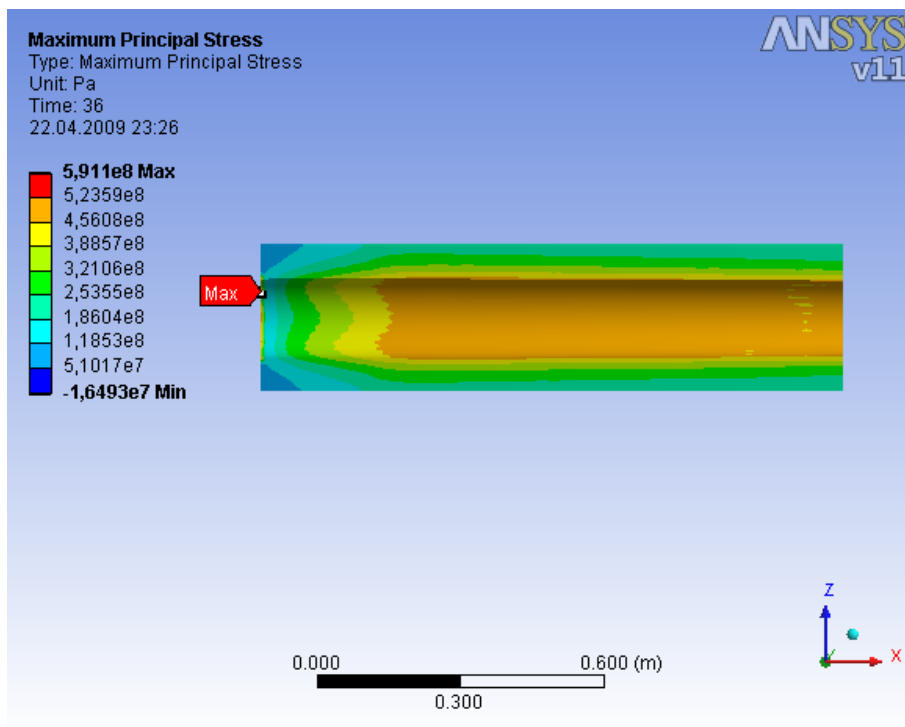
Şekil 6.16. M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



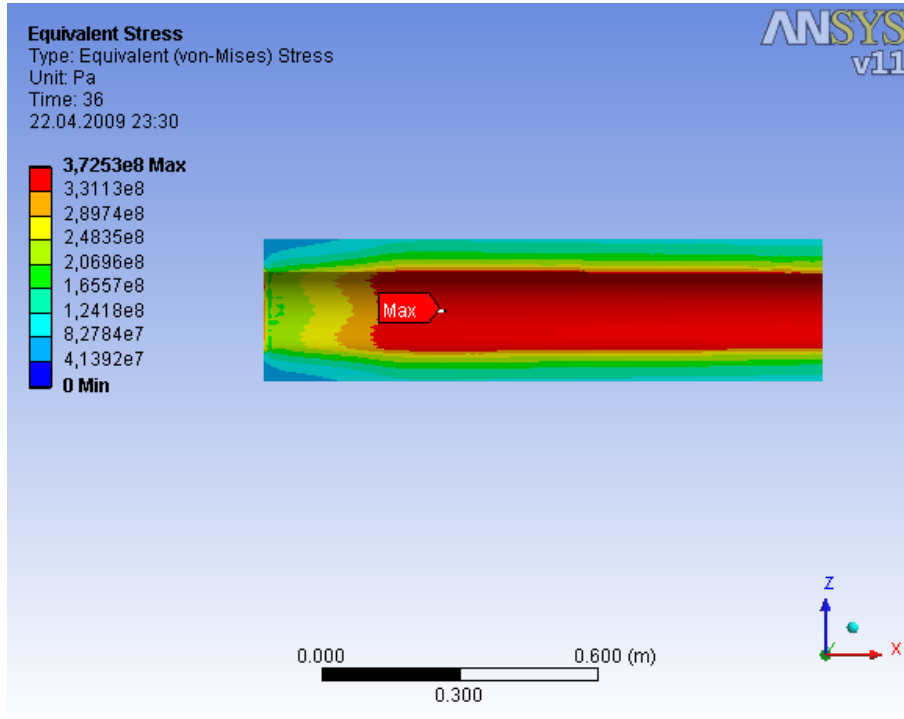
Şekil 6.17. M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



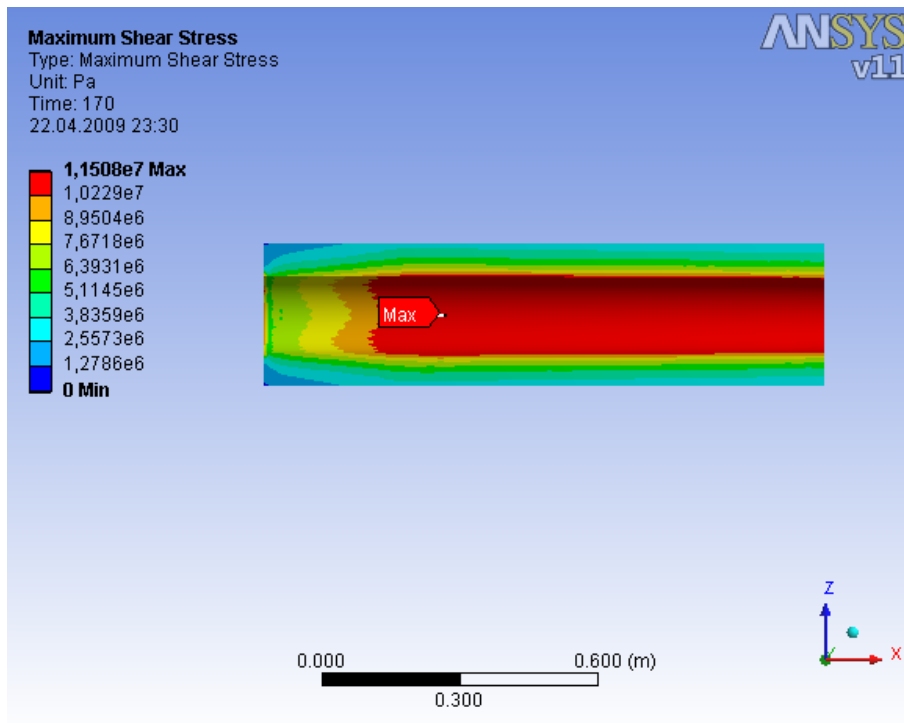
Şekil 6.18. M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



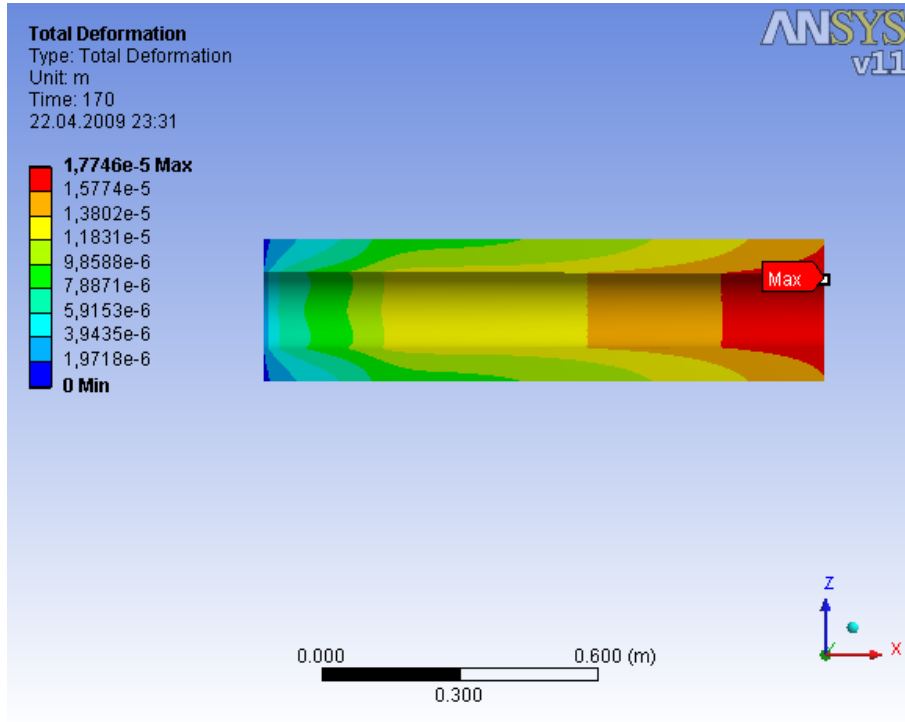
Şekil 6.19. M203 Sevk barutu kullanılan, temperlenmiş çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



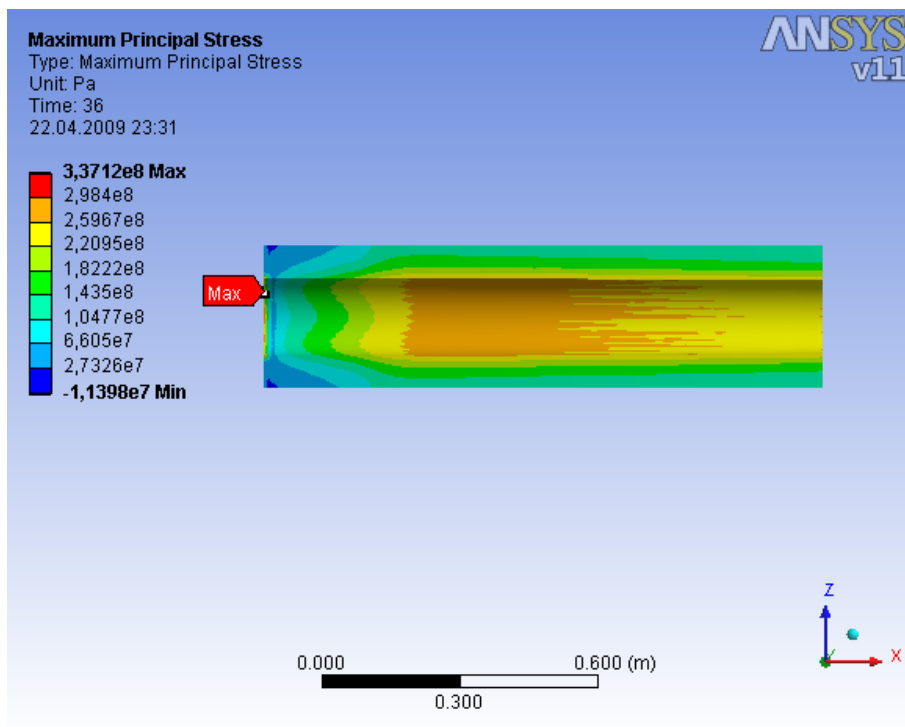
Şekil 6.20. M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



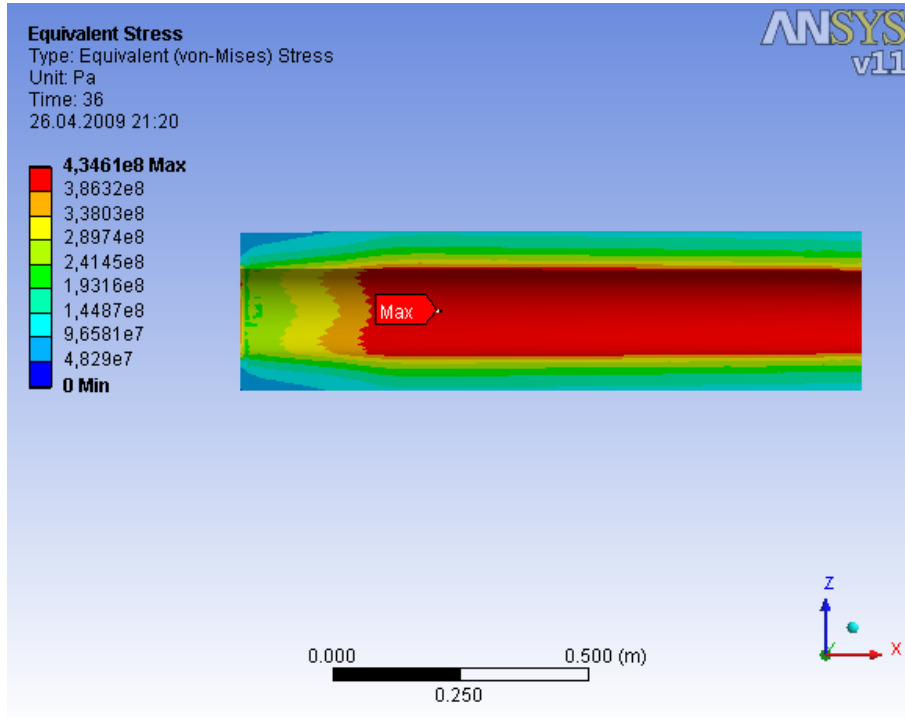
Şekil 6.21. M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



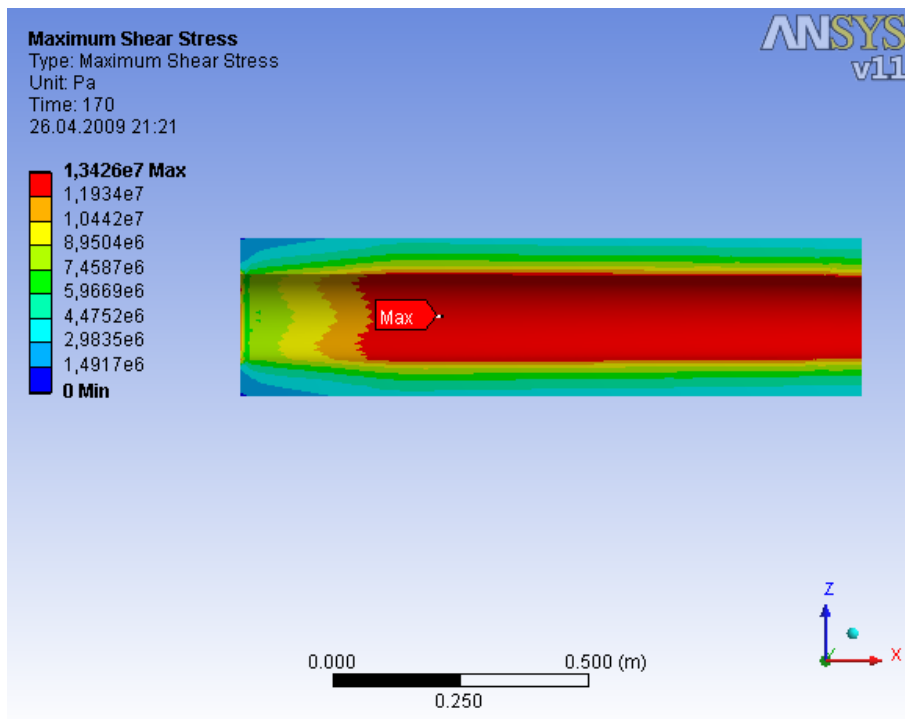
Şekil 6.22. M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



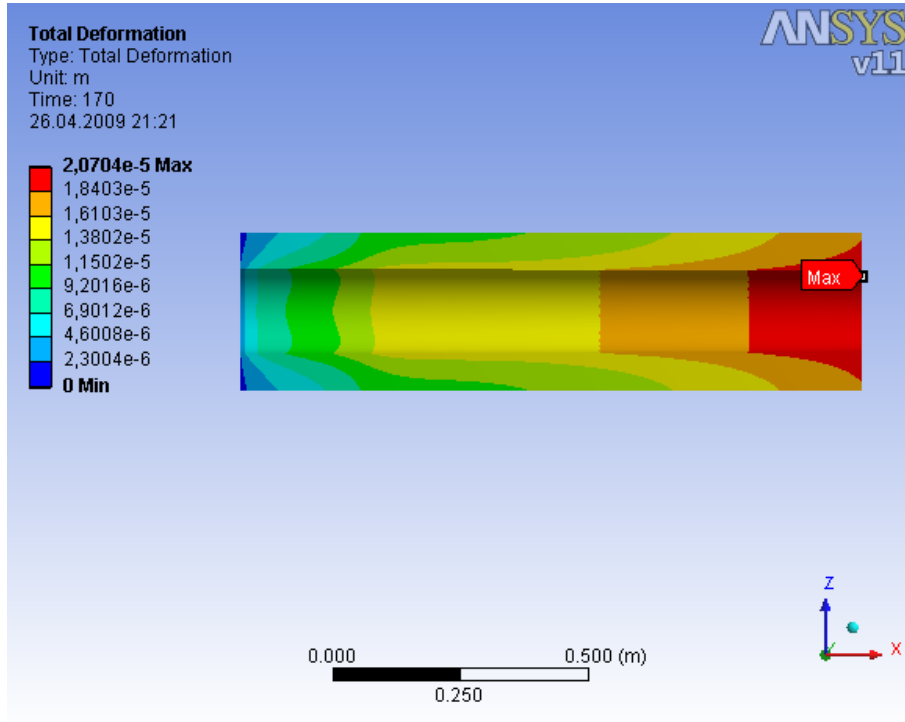
Şekil 6.23. M4A2 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



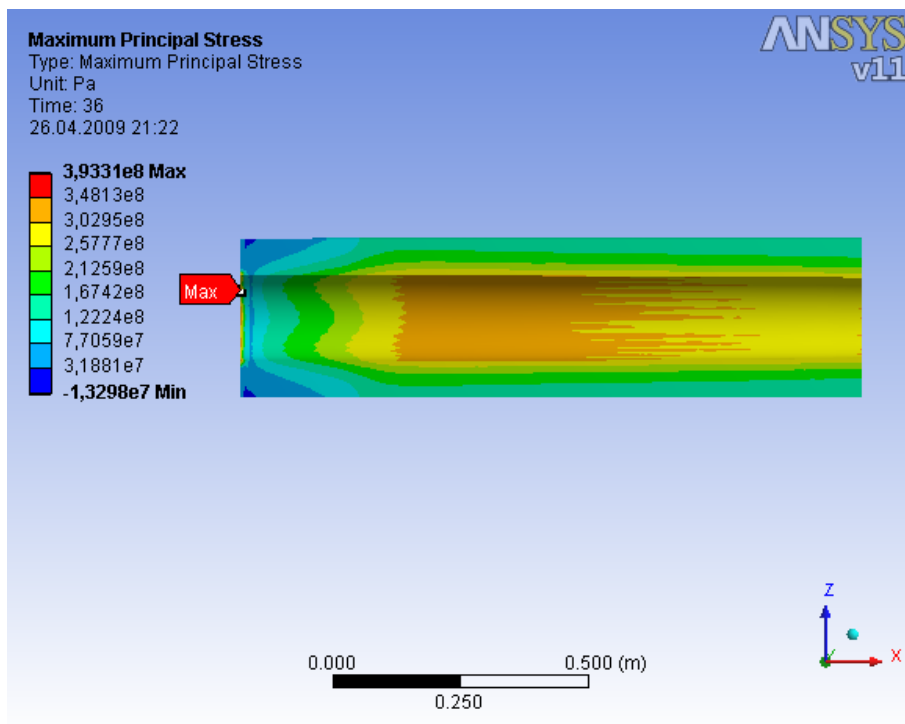
Şekil 6.24. M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



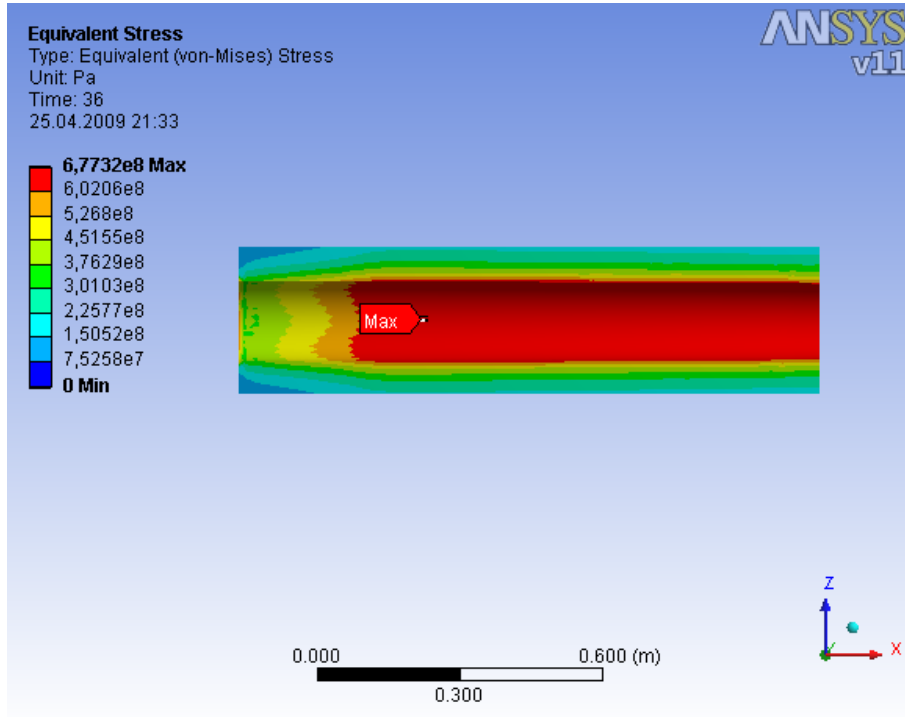
Şekil 6.25. M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



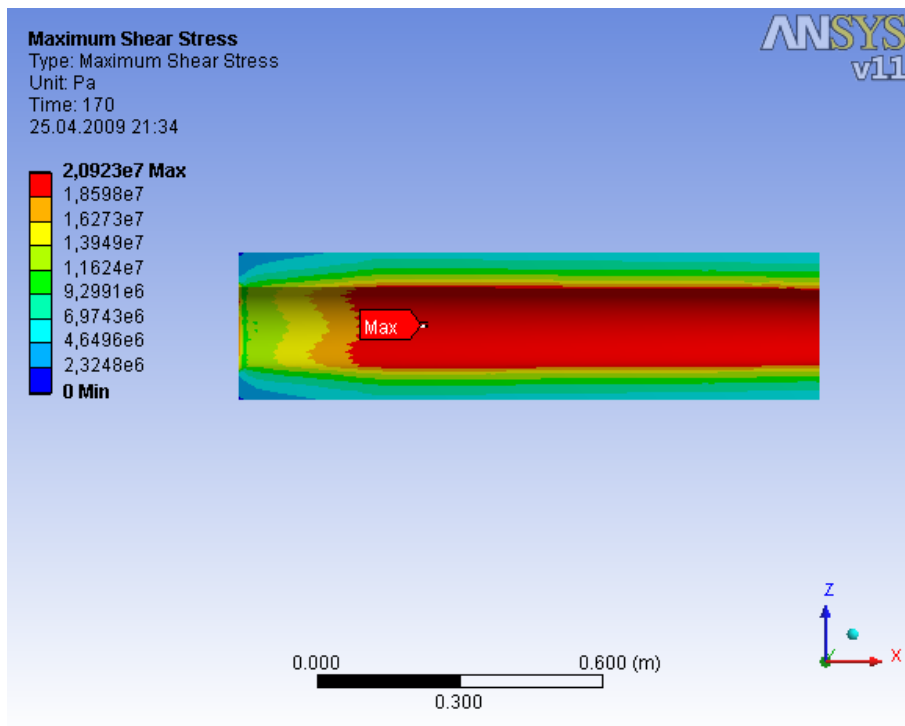
Şekil 6.26. M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



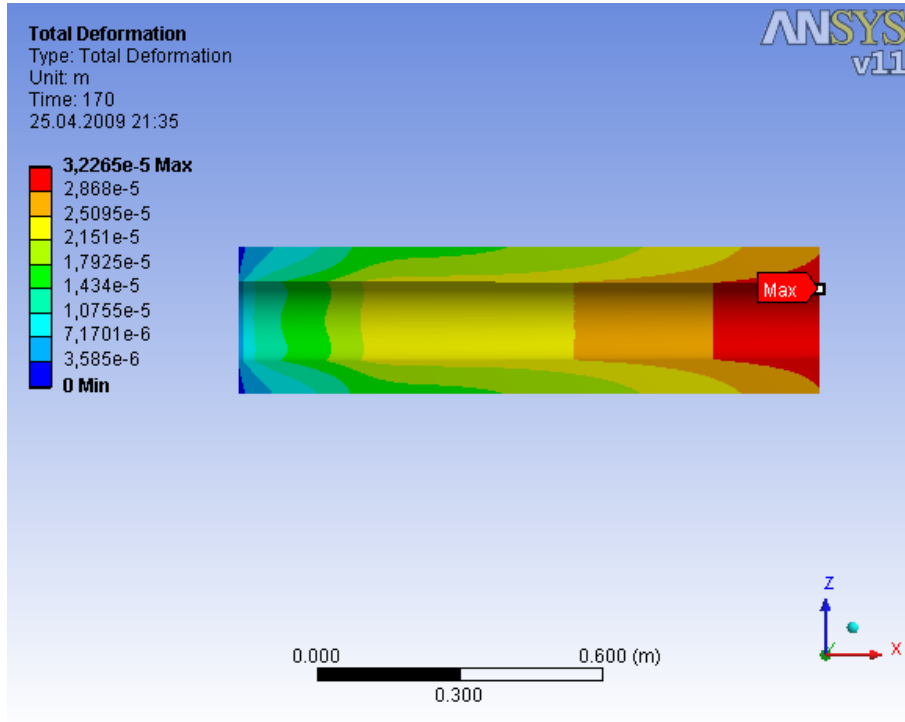
Şekil 6.27. M119A1 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



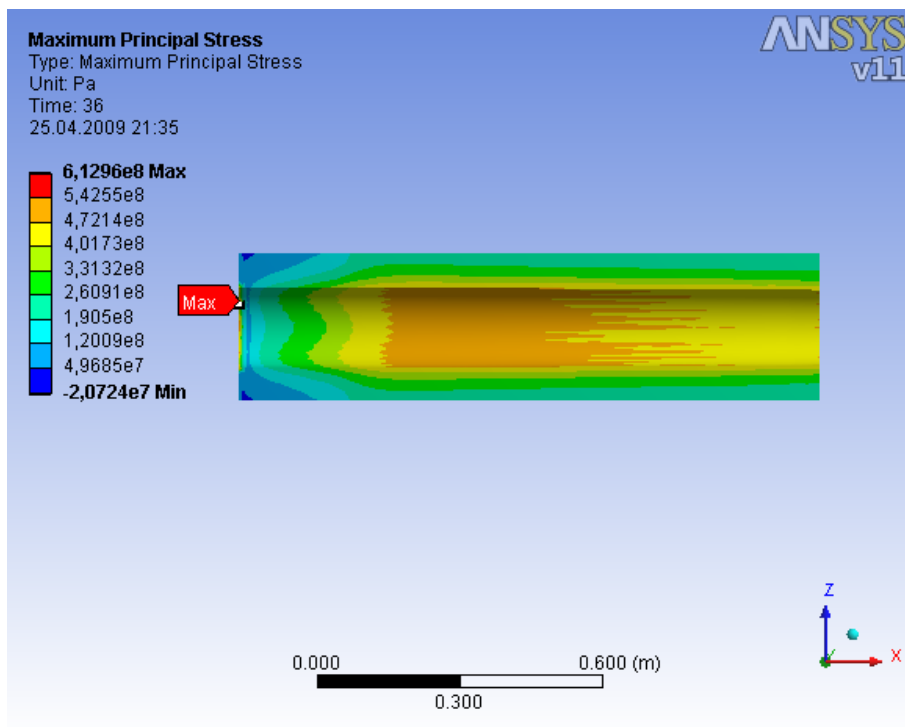
Şekil 6.28. M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



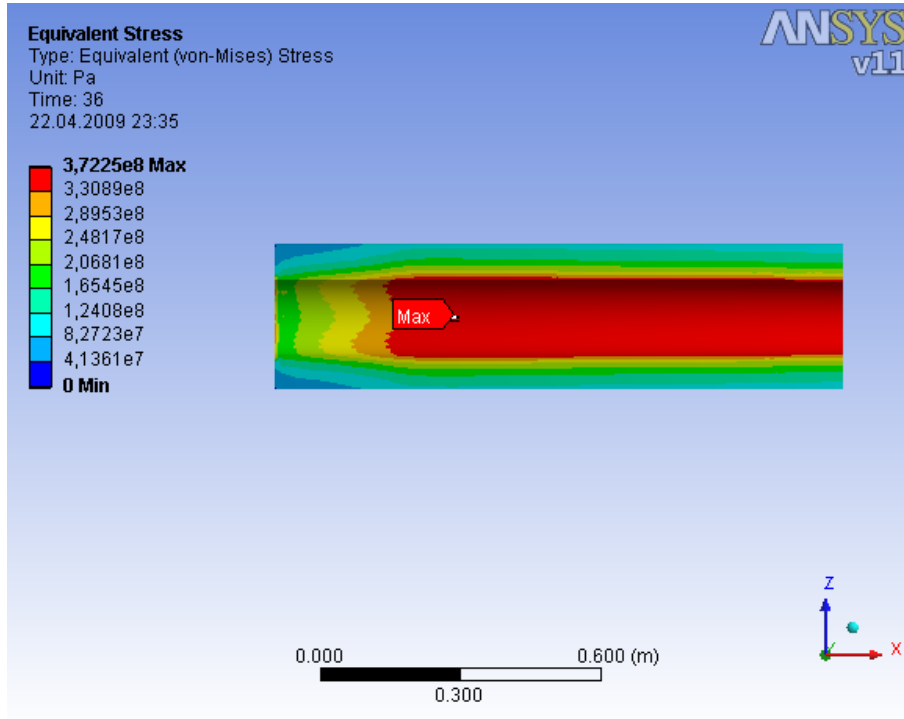
Şekil 6.29. M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



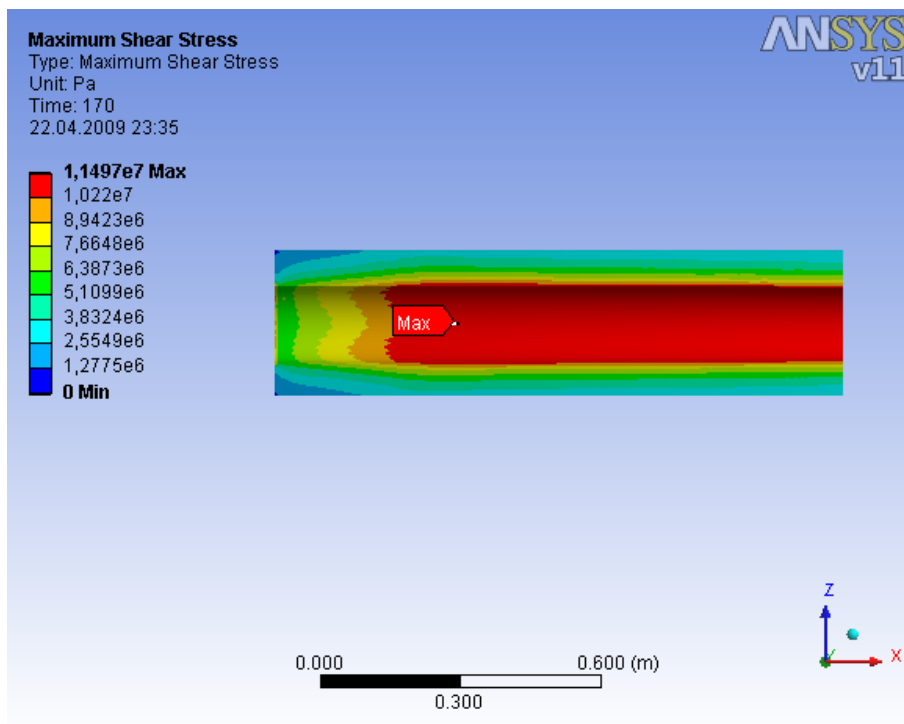
Şekil 6.30. M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



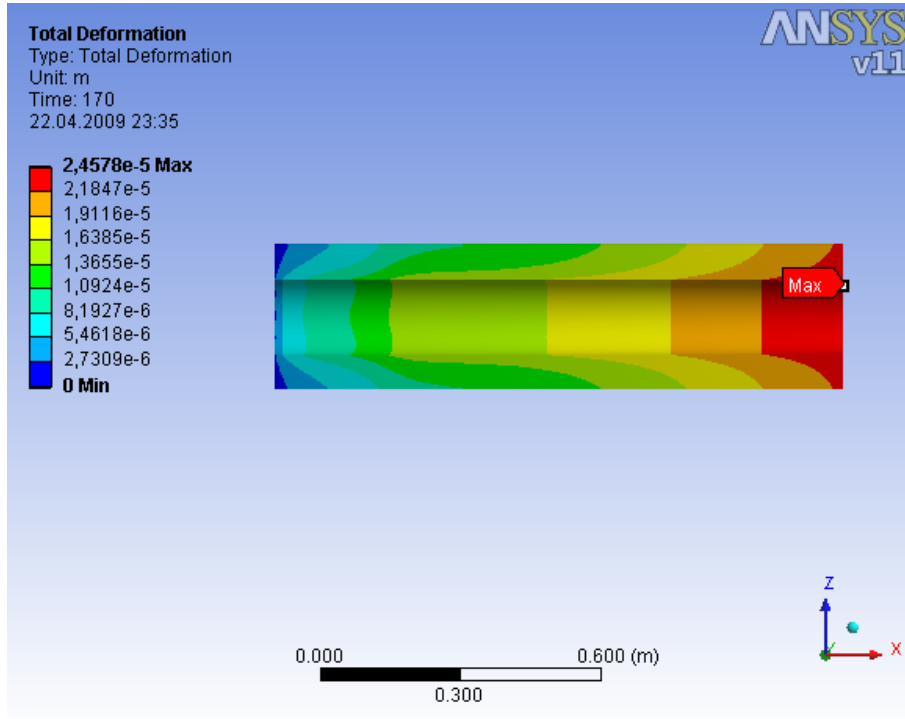
Şekil 6.31. M203 Sevk barutu kullanılan, dökme demir yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



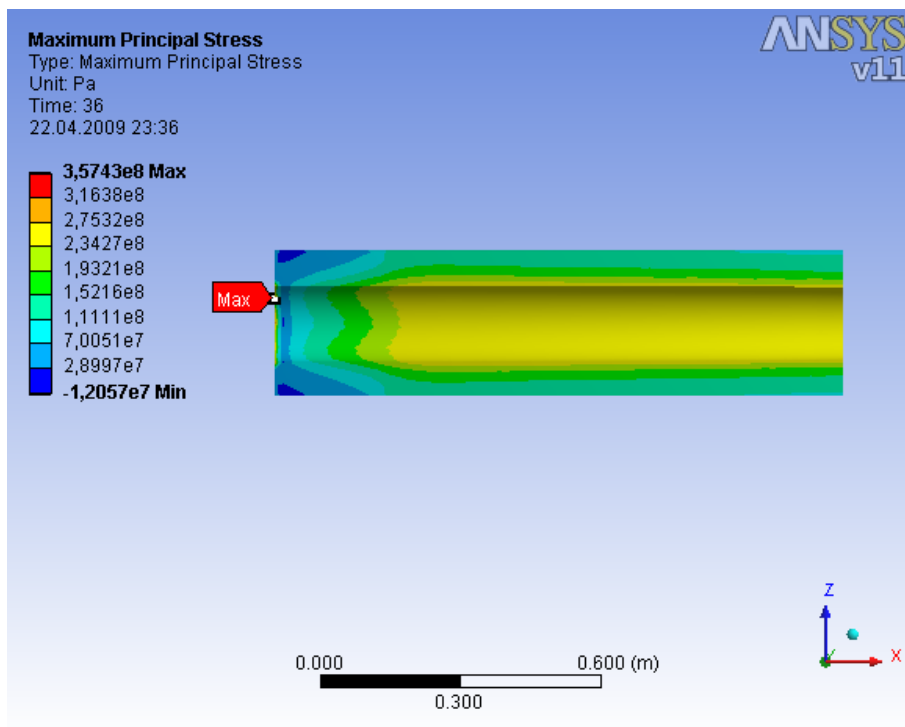
Şekil 6.32. M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



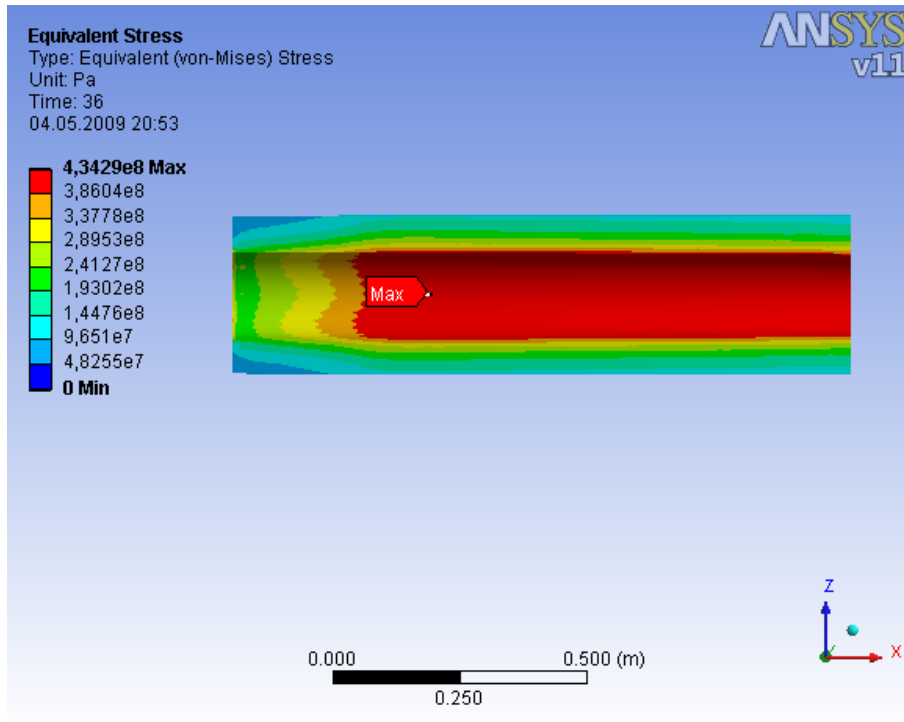
Şekil 6.33. M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



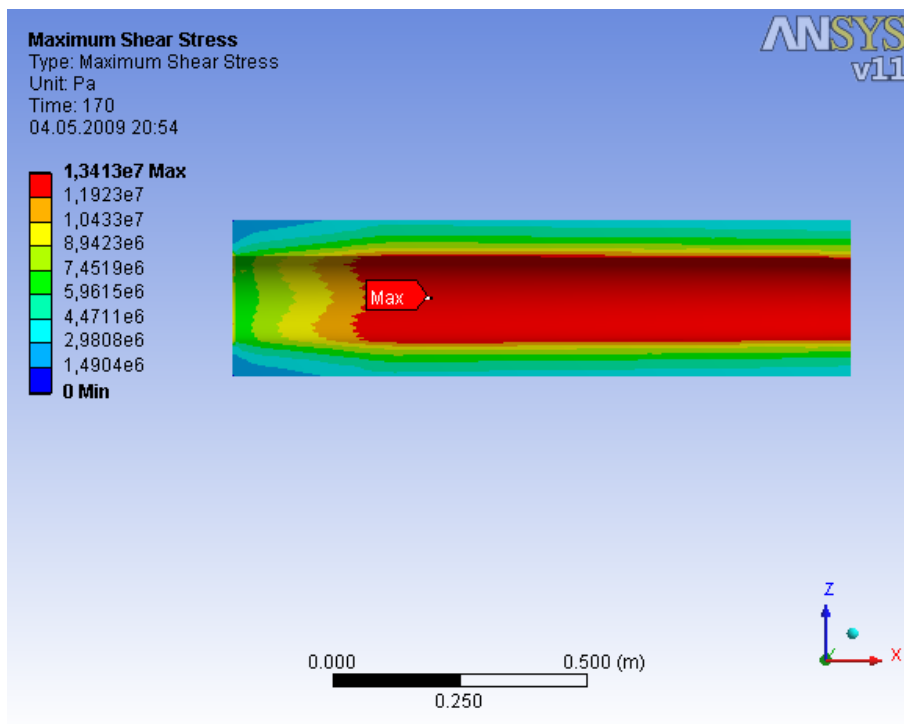
Şekil 6.34. M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



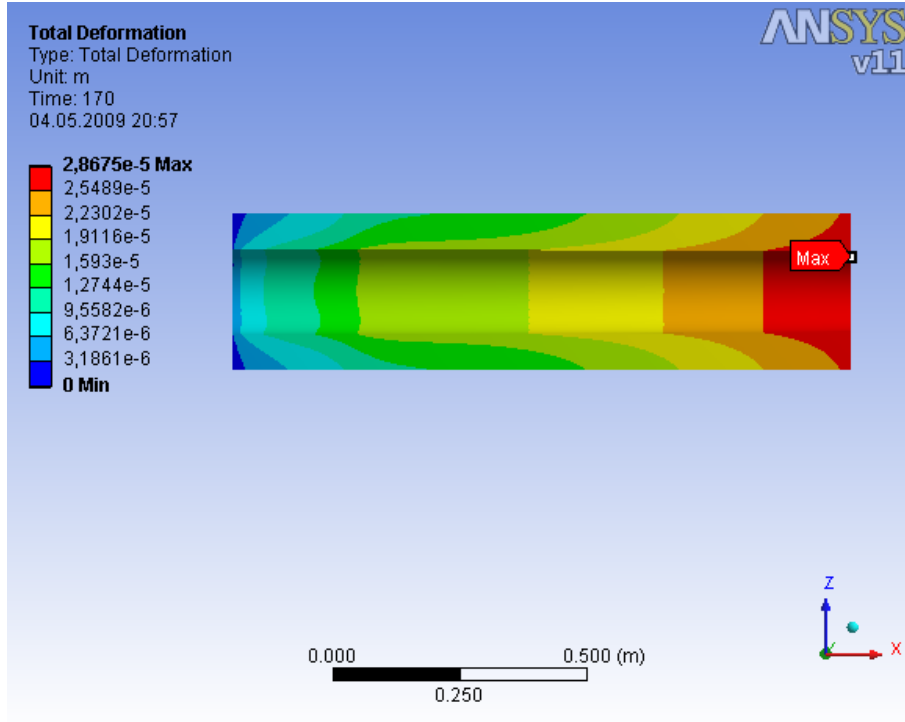
Şekil 6.35. M4A2 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



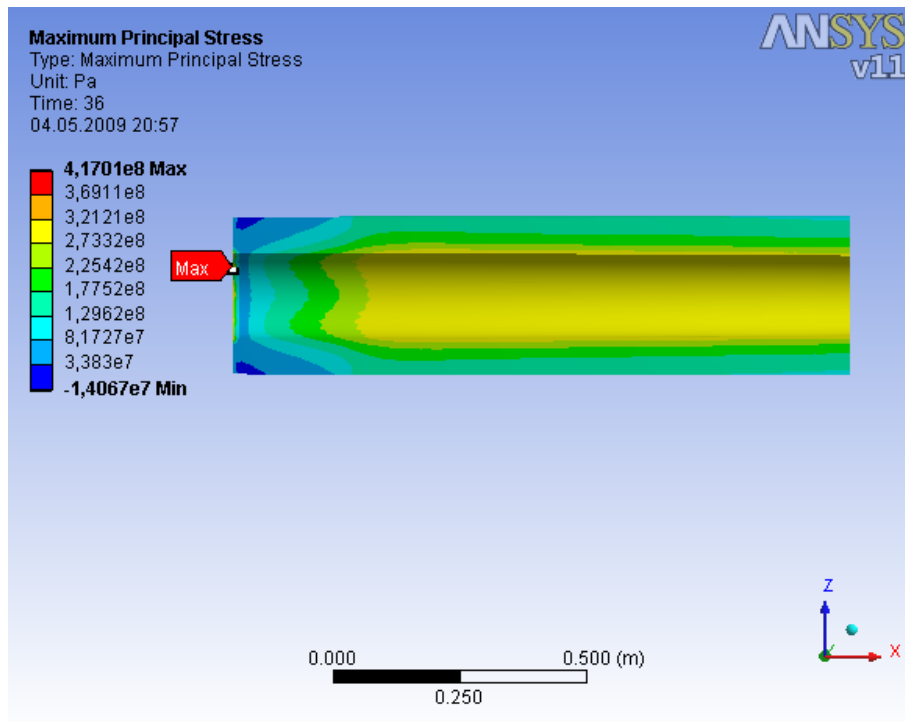
Şekil 6.36. M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



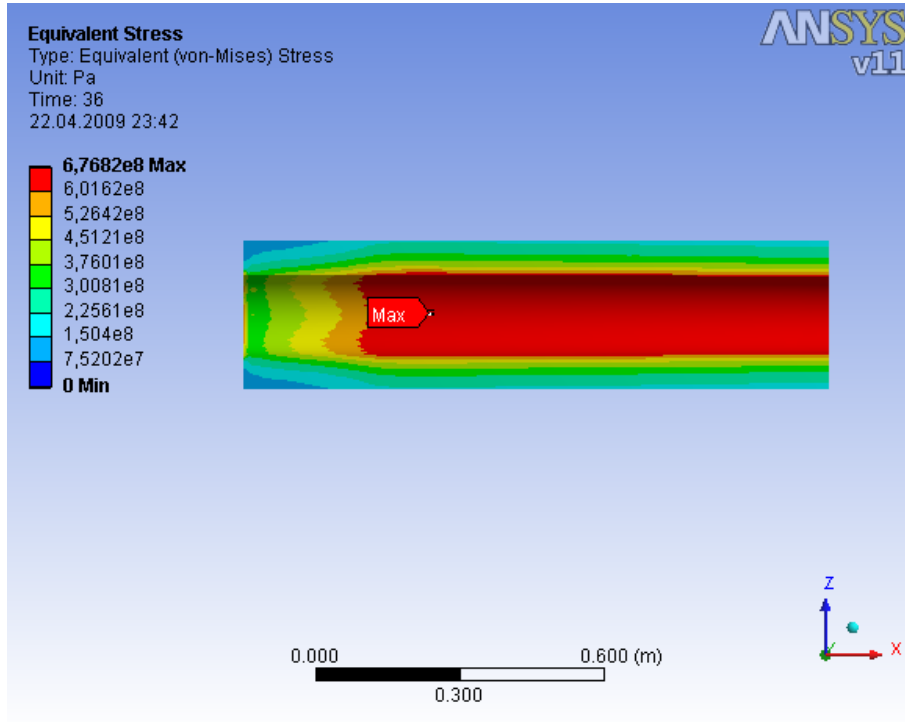
Şekil 6.37. M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



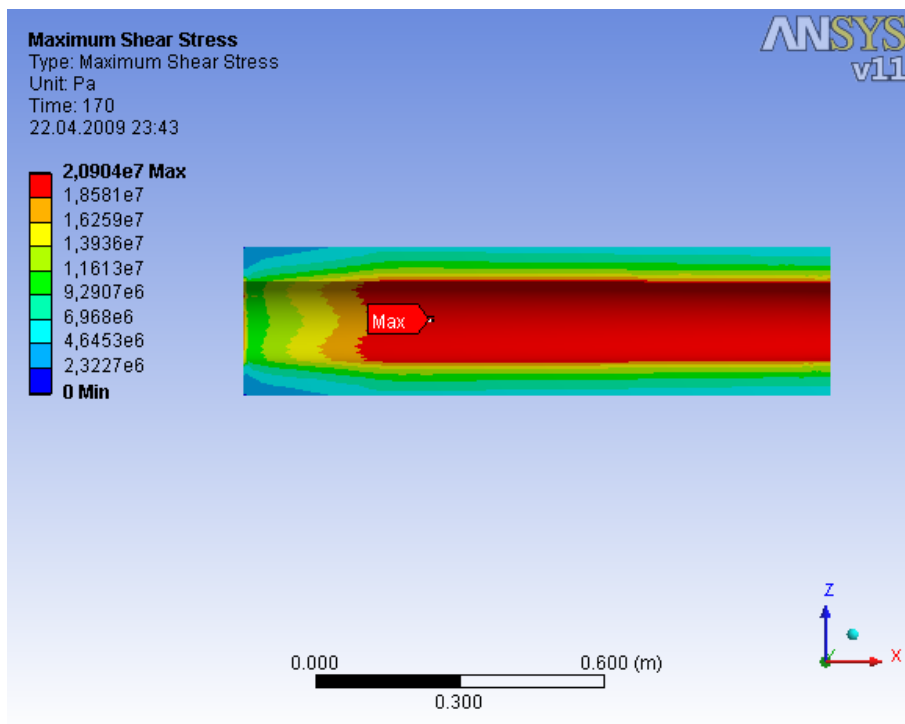
Şekil 6.38. M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



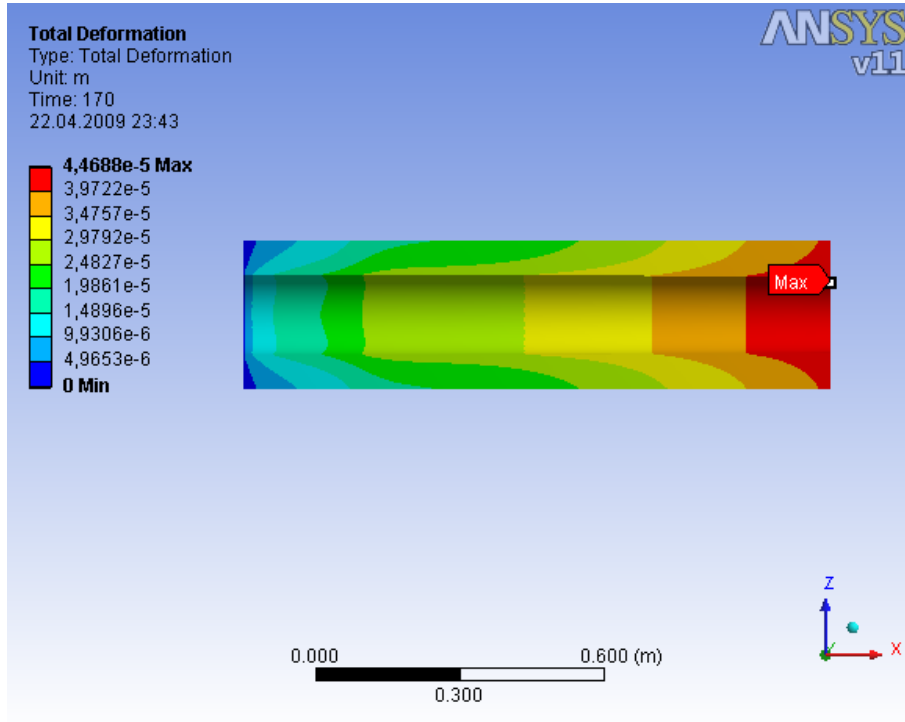
Şekil 6.39. M119A1 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



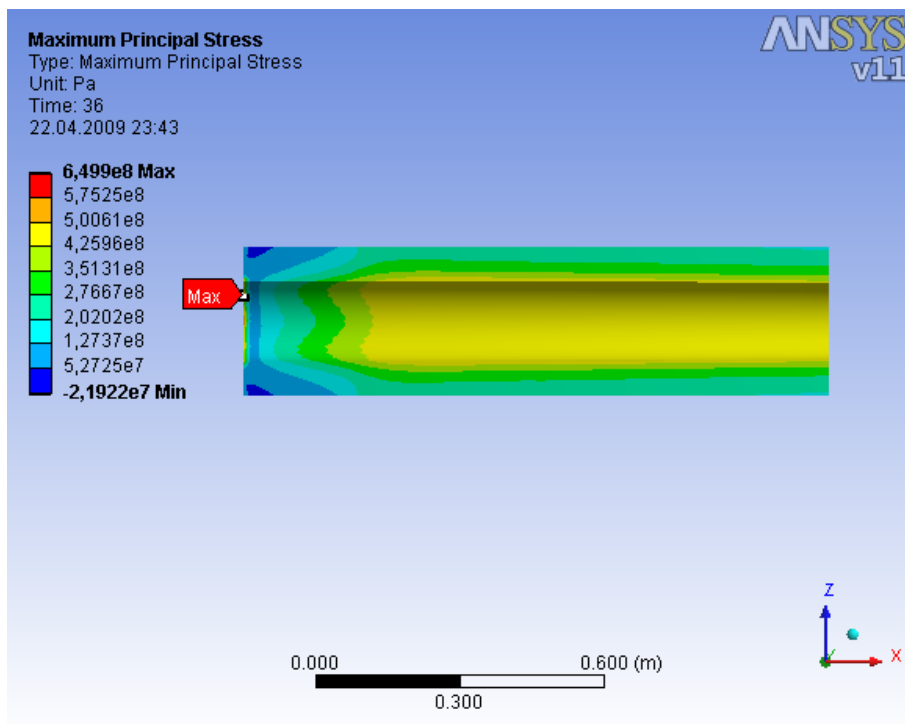
Şekil 6.40. M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki gerilme analizi sonucu



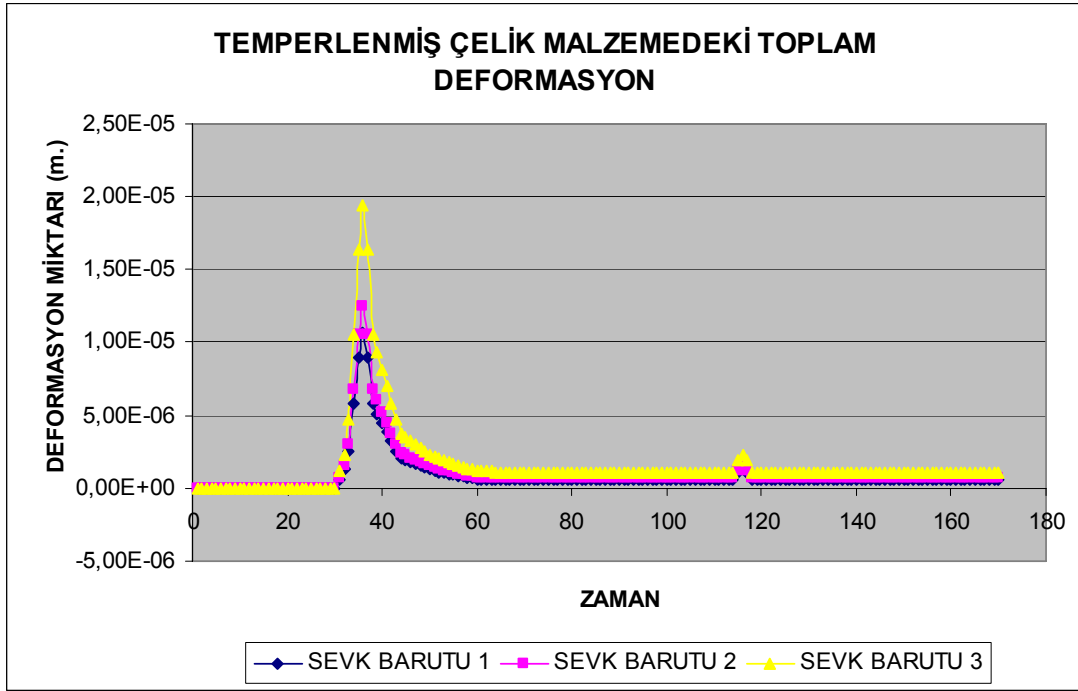
Şekil 6.41. M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki kesme gerilmesi analizi sonucu



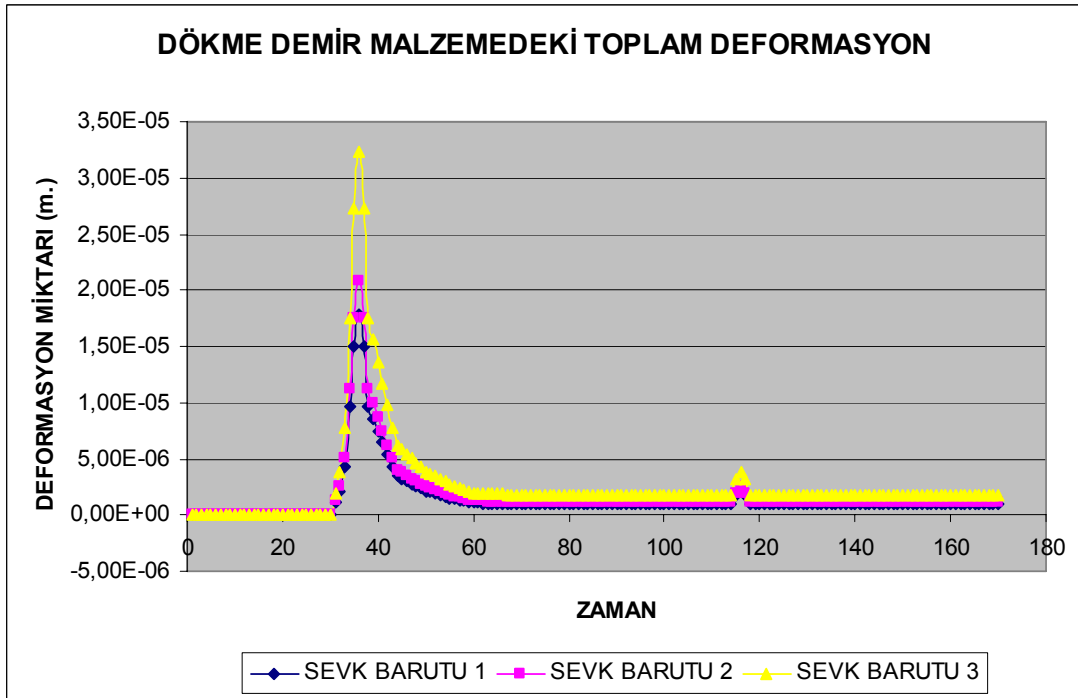
Şekil 6.42. M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki toplam deformasyon analizi sonucu



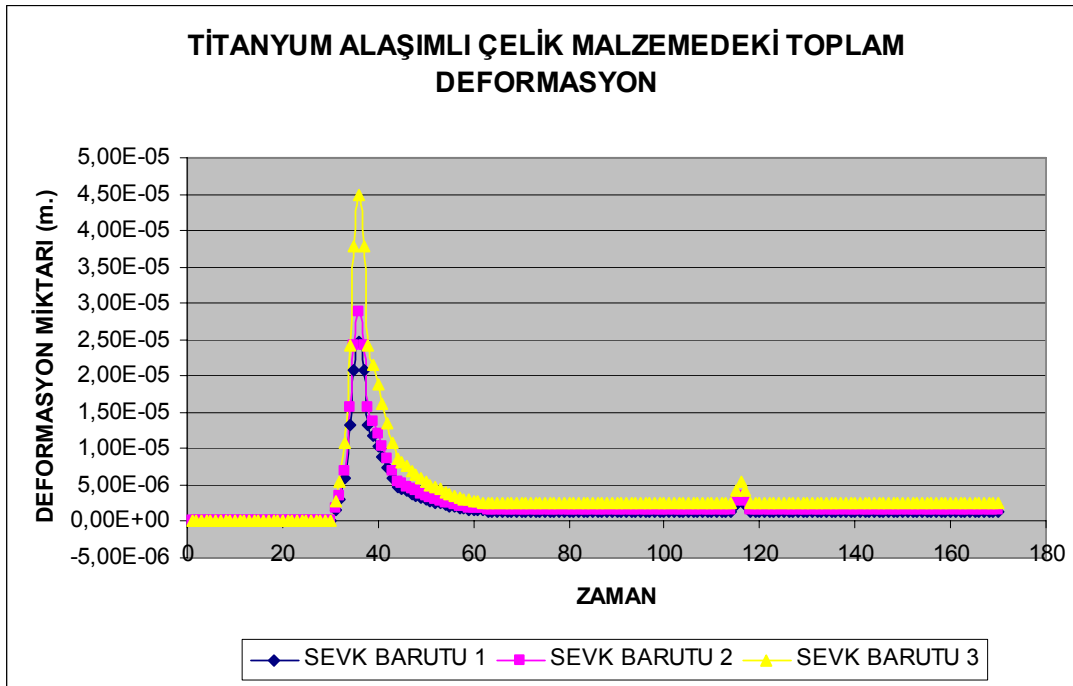
Şekil 6.43. M203 Sevk barutu kullanılan, titanyum alaşımlı çelik yanma odasındaki asal gerilme analizi sonucu



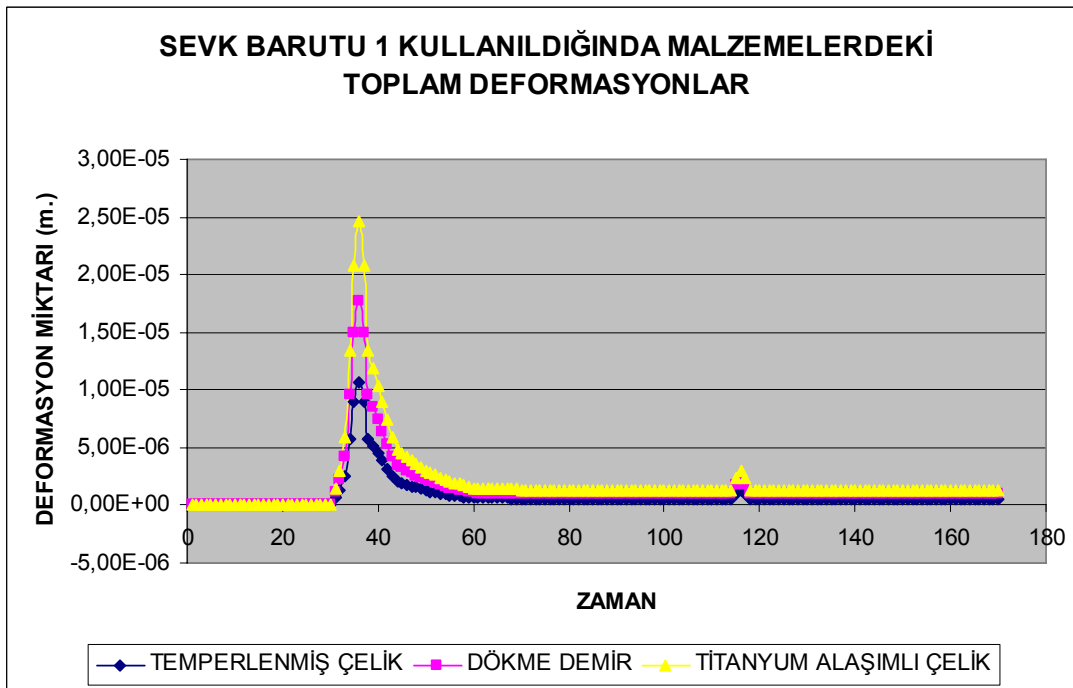
Şekil 6.44. Temperlenmiş çelik malzemeden yapılan namlu yanma odasındaki toplam deformasyon



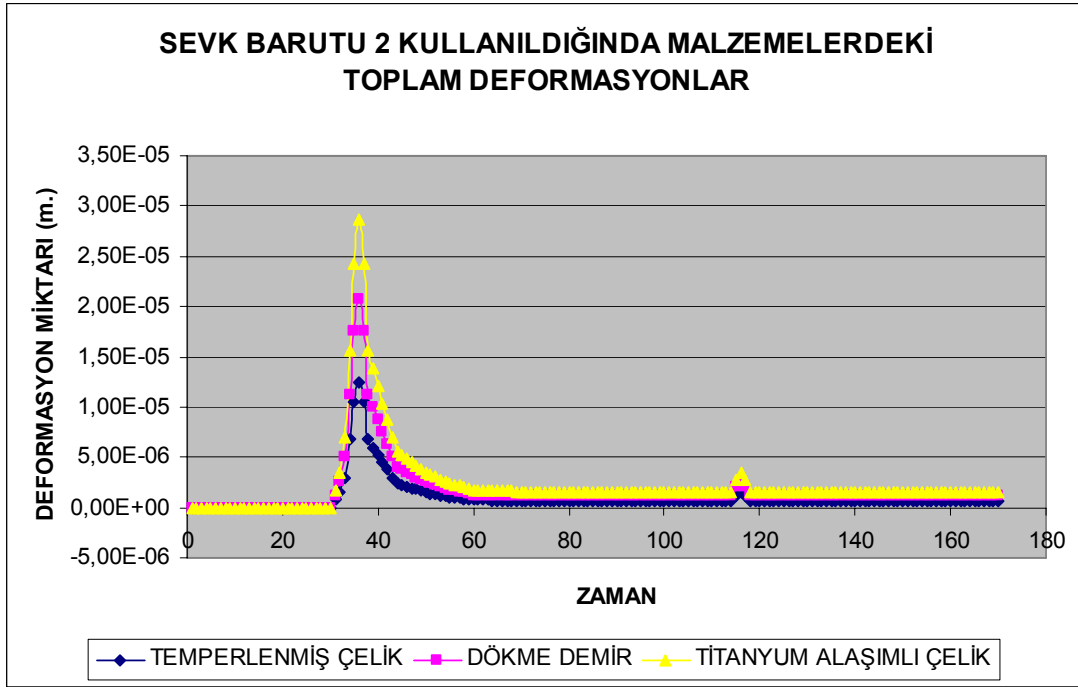
Şekil 6.45. Dökme demir malzemeden yapılan namlu yanma odasındaki toplam deformasyon



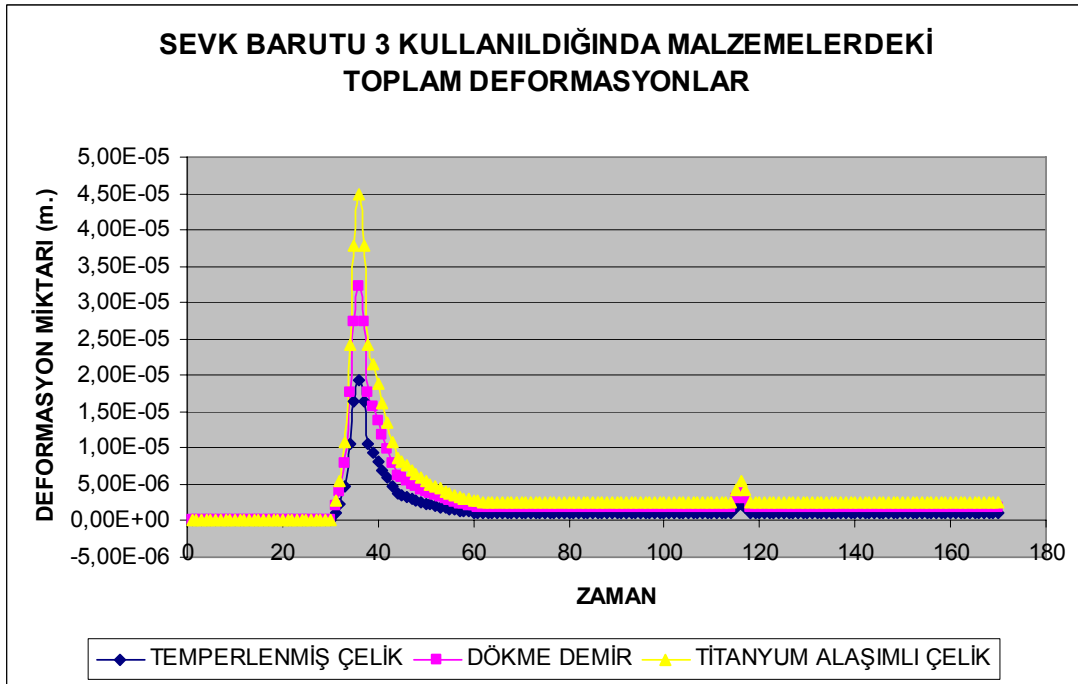
Şekil 6.46. Titanyum alaşımlı çelik malzemedeki toplam deformasyon



Şekil 6.47. M4A2 Sevk barutu kullanıldığında her üç malzemedeki toplam deformasyonlar



Şekil 6.48. M119A1 Sevk barutu kullanıldığında her üç malzemedeki toplam deformasyonlar



Şekil 6.49. M203 Sevk barutu kullanıldığında her üç malzemedeki toplam deformasyonlar

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan analizler neticesinde, dökme demir malzemedan yapılan namlu yanma odasının, M4A2 sevk barutunun yanması sonucu ortaya çıkan basınca dayanabileceği ancak M119A1 ve M203 sevk barutlarının yanmaları sonucu ortaya çıkan gerilme değerlerinin dökme demirin kırılma noktası olan 400MPa'ı geçmesinden dolayı M119A1 ve M203 sevk barutlarının yanmaları sonucu ortaya çıkardıkları basınçlara dayanamayacağı; Temperlenmiş çelik malzemedan ve titanyum alaşımlı çelik malzemedan yapılan namlu yanma odalarının ise her üç sevk barutunun yanması sonucu çıkan basınca ve oluşan gerilmelere dayanabileceği görülmektedir.

Savaş araçlarında maliyetin ön planda olmadığı, titanyum alaşımlı çelik malzemedan yapılan namlunun temperlenmiş çelikten yapılan namluya göre çok daha hafif olacağı ve bu özelliği sayesinde titanyum alaşımlı çelikten yapılan namluya sahip bir tırtıllı savaş aracının arazi (muharebe) şartlarında çok daha atak olacağı ve her atım sonrası daha kolay mevzi değiştirebileceği; titanyum alaşımlı çelik malzemedan yapılan namlunun, temperlenmiş çelikten yapılan namluya oranla daha iyi olabileceği düşüncesini uyandırır. Ancak titanyum alaşımlı çelik malzemenin işlenmesi oldukça zordur. Aynı zamanda yukarıda yapılan analizler neticesinde elde edilen toplam deformasyon grafikleri incelendiğinde; titanyum alaşımlı çelikten yapılan namlu yanma odasının, temperlenmiş çelikten yapılan namlu yanma odasına oranla daha fazla deformasyona uğradığı görülmektedir. Bu durum, titanyum alaşımlı çelik malzemedan yapılan namluya sahip obüsten yapılacak arka arkaya (seri) atışlarda vuruş başarısının gitgide düşeceğini, zaman içerisinde meydana gelecek aşınmaların gitgide artacağını, ilk atışta vuruş yüzdesi ve namlu atım ömrünü temperlenmiş çelik malzemedan yapılan namluya oranla daha çabuk yitireceği göstermektedir. Bu sonuçlara göre en optimum namlu malzemesi olarak temperlenmiş çelik malzeme seçilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] TIMOSHENKO, S., GOODIER, J.N., Theory of Elasticity, McGraw Hill Company, London, 1951
- [2] WANG, C.T., Applied Elasticity, McGraw Hill Company, New York, 1953
- [3] ÖZTÜRK, A.R., İç Balistik, MKE özel yayınları, Ankara, 1981
- [4] ALPER, İ., ÇORUHLU, A., Silah Sistemleri ve Balistik Ders Kitabı, Kara Harp Okulu Basımevi, Ankara, 2005
- [5] CARLUCCI, D.E., JACABSON, S.S., Ballistics Theory and Design of Guns and Ammunition, CRC Press, 2008
- [6] FARRAR, C.L., LEEMING, D.W., Military Ballistics, Brassey's Publisher Limited, England, 1982
- [7] T-155 K/M FIRTINA Obüs Tanıtım Kitabı
- [8] SHIGLEY, J.E., Mechanical Engineering Design, McGraw Hill Book Company, New York, 1986
- [9] ORÜN, S.S., TAMGAÇ, Ü., ÖZERİ, H., Balistik, KKK Ankara Basımevi, Ankara, 1977
- [10] GÜRAKSIN, M.M., Balistik, Kara Harp Okulu Yayınları, Ankara, 1984
- [11] İSMAİLOĞLU, H., XSO-80 Projesine İlişkin Teorik Çalışmalar Cilt 1-2, MSB Arge Daire Başkanlığı Silah ve Mühimmat Şubesi, Ankara, 1977
- [12] AKÇAY, M., Balistik, Erzurum, 1993
- [13] NAYAR, A., The Metals Databook, Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, New Delhi
- [14] AKKURT, M., Makine Elemanları Cilt 1-2, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005

ÖZGEÇMİŞ

Ufuk SÖNMEZ 1983 yılında İstanbul'da doğdu. Lise öğrenimini Metin-Nuran ÇAKALLIKLI Anadolu Lisesi (Antalya) 2002 yılında bitirdi. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği (İngilizce Bölümünü) kazandı ve 2006 yılında bölüm 3'üncüsü olarak mezun oldu. Daha sonra TSK KKK.lığının açmış olduğu sınavları kazandı ve Kara Harp Okulu'nda almış olduğu eğitimini müteakip 2007 yılında Müh.Tğm. rütbesiyle orduya katıldı. Aynı yıl 1'inci Ana Bakım Merkezi Komutanlığında göreve başlayan Ufuk SÖNMEZ, o tarihten bu yana aynı yerde görevine devam etmektedir.