



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHİMMAT TAPALARI İLE İLGİLİ
YENİ EMNİYET SİSTEMLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ

SERHAD YILDIZ
SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

KIRIKKALE-2024



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHİMMAT TAPALARI İLE İLGİLİ
YENİ EMNİYET SİSTEMLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ

SERHAD YILDIZ
SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

KIRIKKALE-2024

Serhad YILDIZ tarafından hazırlanan “MÜHİMMAT TAPALARI İLE İLGİLİ YENİ EMNİYET SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

Makine Mühendisliği A.B.D, Kırıkkale Üniversitesi İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan : Prof. Dr. Recep ÇALIN

Met. ve Malz. Müh. A.B.D, Kırıkkale Üniversitesi İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof.Dr. Ayşegül Ülkü METİN

Kimya A.B.D, Kırıkkale Üniversitesi İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Doç.Dr. Hanifi ÇİNİCİ

Met.Malz.Müh A.B.D, Gazi Üniversitesi İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç.Dr. Murat Kadir YEŞİLYURT

Makine Müh. A.B.D, Bozok Üniversitesi İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 27/02/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŐEKKÖR

Bu doktora tez çalışmasında, bilgi ve birikimleriyle beni yönlendiren, akademik görevlerine rağmen bana zaman ayıran danışman hocam Sayın, Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI'ya, çalışmalarımın her aşamasında bana destek olan değerli çalışma arkadaşlarım İdris Tayip DURUŐ'a, Efe GİRAY'a ve Berkay İŐLER'e, analiz çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen Oğuzhan AYISIT ve Can KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan anneme, babama, kardeşlerime, her zaman yanımda olan eşim, kızım ve oğluma sevgilerimi sunuyorum.



ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Serhad YILDIZ

27.02.2024

ÖZET

MÜHİMMAT TAPALARI İLE İLGİLİ YENİ EMNİYET SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

Şubat 2024, 151 sayfa

Havan mühimmatları, zorlu muharebe alanlarında en çok kullanılan mühimmat türüdür. Tüm mühimmat türlerinde olduğu gibi havan mühimmatlarında da; atış öncesinden başlayıp, mühimmatın hedefte infilak olduğu ana kadar sistemin güvenliğini sağlayan ve fonksiyon şartlarını belirleyen tapa mekanizmaları geliştirilmiştir. Ancak; mühimmatların sahada taşınma sırasında maruz kalacağı kötü şartlar, atış esnasında namlu içinde tapanın erken kurulması veya atış sırasında tapanın kazara fonksiyon yapması, mühimmatın istenmeyen bir zamanda patlamasına sebep olacaktır. Bunun sonucu olarak can kaybı ve maddi hasar meydana gelecektir. Bu nedenle, havan tapaları atış öncesi ve atış esnasında oluşabilecek kazaları önlemek ve güvenliği arttırmak için mühimmata uygulanan ivme kuvvetlerine tepki veren bir güvenlik kurma mekanizması (GKM) içerirler. Bu çalışma kapsamında; mevcut havan tapalarında oluşabilen olumsuzlukları gidermek ve ilave güvenlik mekanizmasına sahip yeni bir tapa geliştirmek amacıyla, tapa ateşleme iğne sistemi yeniden tasarlanmış ve yeni ateşleme iğne sistemiyle mevcut ateşleme iğne sistemi deneysel ve sayısal olarak karşılaştırılmıştır.

Yapılan analiz çalışması ile mevcut ateşleme sistemli ve yeni ateşleme sistemli havan tapalarının namlu içindeki ve namludan çıktıktan sonraki dinamik hareketleri incelenmiştir. Bu incelemede farklı tel çaplarına sahip yaylar kullanılarak mekanizma içinde kullanılacak nihai yay modeli ortaya çıkartılmıştır. Farklı yüksekliklerden yapılan düşürme testi ile de mekanizmaların dinamik hareketleri analiz edilmiş ve yapılan tüm analizlerin yardımıyla da yeni tapanın tasarımı doğrulanmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, mevcut ateşleme iğnesinin, 1000 G eksenel ivme kuvveti ile namlu içinde 5,27 mm geri çekildiği ve alt kısmında yer alan detonatöre yaklaşık 3,6 mm nüfuz ederek detonatörü patlattığı görülmüştür. Ancak; yeni tasarlanan iğne sisteminin, 1000 G eksenel ivme kuvveti ile namlu içinde 2,548 mm geri çekildiği ve alt kısmında yer alan detonator ile temas etmediği gözlemlenmiştir. Yeni tasarlanan iğne sisteminin, mühimmat namluyu terk ettikten sonra eksenel ivme kuvvetinin sonlanmasıyla serbest kaldığı (mevcut ateşleme iğnesi ile aynı koşul) görülmüştür. Geliştirilen yeni ateşleme iğne sistemi sayesinde namluda patlama ihtimali de ortadan kaldırılmıştır. Stratejik hedefler nedeniyle tez içerisinde bazı kısımlar gizli tutulmuştur.

Anahtar kelimeler: Tapa, Güvenlik ve Kurma Mekanizması, Mühimmat, Havan Silahı, Ateşleme Sistemi, Sayısal Modelleme.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF NEW SAFETY SYSTEMS RELATING TO AMMUNITION FUZES

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Defense Technology, Phd Dissertation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zühtü Onur PEHLIVANLI

February 2024, 151 pages

In challenging battlefields, mortar ammunition is the most widely form of ammunition. Mortar ammunition fuze mechanisms are designed to guarantee the safety of the system and establish the functional conditions before the moment of system activation until the ammunition detonates on the target. However, the ammunition will detonate at an undesirable moment because of the bad conditions it will be exposed to during transportation in the field, the premature fuze arming while shooting or unintentional fuze arming during shooting. There will be fatalities and material damage as a result. For this reason, mortar fuzes have a safety arming mechanism (SAD) that reacts to the acceleration forces applied to the ammunition in order to enhance safety and prevent accidents that may occur before or during firing. Within the scope of this study, the fuze firing pin system was redesigned, and the new firing pin system was compared experimentally and numerically with the existing firing pin system in order to eliminate potential drawbacks in existing mortar fuzes and to develop a new fuze with an additional security mechanism.

With the analysis study, dynamic movements of the mortar fuzes both inside the barrel and after it leaving it, using both the new and the current firing systems. Using springs with various wire sizes, the final spring model for the mechanism was decided in this test. The dynamic movements of the mechanisms were analyzed with the drop test performed from different heights, and the design of the new fuze was confirmed with the help of all these analyses. In these studies, it was observed that the existing firing pin retracted 5.27 mm in the barrel with an axial acceleration force of 1000 G and penetrated the detonator located at the bottom by approximately 3.6 mm, thus detonating the detonator. However, it was observed that the newly designed firing pin system retracted 2,548 mm in the barrel with an axial acceleration force of 1000 G and did not come into contact with the detonator located at the bottom. It was also observed that the newly designed firing pin system is released when the axial acceleration force ends after the ammunition leaves the barrel (the same condition as the existing firing pin system). Thanks to the new firing pin system developed, the possibility of explosion in the barrel has been eliminated. Due to strategic objectives, some parts of the thesis have been kept secret.

Key Words: Fuze, Safety and Arming Mechanism, Ammunition, Mortar Weapons, Firing System, Numerical Modeling.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. HAVAN SİLAH SİSTEMİ, MÜHİMMAT ve TAPA	42
2.1. Havan Silah Sistemi.....	42
2.1.2. Otomatik Yükleme Havan Silah Sistemi	44
2.2. Mühimmat.....	46
2.2.2. Gdümsüz Mühimmatlar	46
2.2.3. Gdümlü Mühimmatlar.....	47
2.3. Mühimmat Bileşenleri	50
2.3.2. Mermi (Harp Başlığı).....	50
2.3.3. Kovan.....	51
2.3.4. Kapsül	51
2.3.5. Sevk Yakıtı.....	52
2.3.6. Tapa.....	52
2.3.6.1. Havan Tapası Çeşitleri	53
2.3.6.1.1. Mekanik çarpmalı hassas tapa	53
2.3.6.1.2. Mekanik çarpmalı gecikmeli tapa.....	54
2.3.6.1.3. Elektronik zaman tapası.....	54
2.3.6.1.4. Mekanik zaman tapası	57
2.3.6.1.5. Yaklaşım tapası.....	58
2.3.6.1.6. Çok maksatlı tapa.....	60
2.3.6.1.7. Yörünge düzeltmeli tapalar.....	61
2.3.6.2. Havan Tapası Tasarım Detayları ve Testleri.....	66
2.3.6.2.1. Havan Tapasının Çalışma Prensibi	66
2.3.6.2.2. Havan Tapa Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar	67

2.3.6.2.3. Tapa Kompleksi Testleri.....	72
3. MALZEME ve METOT	74
3.1. Malzeme	75
3.2. Metot.....	82
3.2.2. Alt Gövde Kurulma Süresi Ölçüm Testi.....	83
3.2.3. Üst Gövde G Testi	84
3.2.4. Yay Tansiyon Testi	84
3.2.5. Ölçüsel ve Görsel Kontrol Testi	85
3.2.6. Darbe (Jolt) Testi	85
3.2.7. Sarsıntı (Jumble) Testi	86
3.2.8. Düşürme Testi	86
3.2.9. Sıcaklık Nem Testi.....	87
3.2.10.	Term
al Şok Testi	88
3.2.11. Titreşim Testi	89
3.2.12. Tuz Sisi Testi	90
3.2.13. Sızdırmazlık Testi	90
3.2.14. Poligon Testi	91
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	92
4.1. Alt Gövde Kurulma Testi	92
4.2. Üst Gövde Testleri	93
4.2.2. Yay Testi.....	94
4.2.3. G Kuvveti Testi.....	95
4.3. Tapa Kompleksi Testleri.....	98
4.3.2. Ölçüsel Kontrol Testi.....	98
4.3.2.1. Tapa Kompleksi Burun Çap Ölçümleri.....	98
4.3.2.2. Tapa Kompleksi Vida Çap Ölçümleri	100
4.3.2.3. Tapa Kompleksi Kısmi Boy Ölçümleri.....	100
4.3.2.4. Tapa Kompleksi Tam Boy Ölçümleri	101
4.3.2.5. Tapa Kompleksi Dış Çap Ölçümleri	103
4.3.3. Jolt (Darbe) Testi	104
4.3.4. Jumble (Karıştırma) Testi	105
4.3.5. Düşürme Testi	105
4.3.6. Titreşim Testi	107

4.3.7. Sıcaklık- Nem Testi	109
4.3.8. Tuz Testi	110
4.3.9. Termal Şok Testi.....	111
4.3.10. Sızdırmazlık Testi	112
4.4. Atış Testleri.....	113
4.5. Sayısal Modelleme Çalışması.....	115
4.5.2. Mevcut Tapa Üst Gövde Sistemi Sayısal Analizi	116
4.5.3. Yeni Tapa Mekanizmasındaki Yayın Sayısal Analizi	127
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	141
KAYNAKLAR.....	146
ÖZGEÇMİŞ	151

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. Bazı havan mühimmatlarının balistik değerleri.....	69
3.1. Ateşleme sistemli üst gövde imalatında kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri	76
4.1. Jolt (darbe) test sonuçları.....	104
4.2. Jumble (karıştırma) test sonuçları.....	105
4.3. Mevcut ve yeni ateşleme sistemli tapalarının düşürme test sonuçları	107
4.4. Titreşim test sonuçları.....	108
4.5. Sıcaklık-nem test sonuçları.....	109
4.6. Tuz sisi test sonuçları.....	110
4.7. Termal şok test sonuçları	111
4.8. Sızdırmazlık test sonuçları.....	112
4.9. Atışlı test sonuçları	115
4.10. Mevcut ateşleme sistemi yay kuvvetinin yay tansiyon cihazı- analiz sonuçların karşılaştırılması	120
4.11. Yay malzeme özellikleri (mevcut ve yeni).....	123
4.12. Yeni ve mevcut sistemdeki yaylara ait deneysel ve sayısal sonuçların karşılaştırılması	130

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

1.1. Mevcut havan tapası (a), yeni geliştirilen havan tapası (b)	2
1.2. Mevcut DM111, DM93 havan tapaları (a), geliştirilen yeni DM111S,.....	3
1.3. Minyatür güvenlik kurma mekanizması	4
1.4. Atalet jeneratörü yapısı.....	5
1.5. Çift güvenli el bomba tapası.....	6
1.6. Kurulma gecikmeli yeni 20 mm tapa.....	7
1.7. Rotor emniyetli el bomba tapası	8
1.8. Mevcut 30 mm M759 tapası (a), Yeni geliştirilmiş M759 tapası (b)	9
1.9. Yeni geliştirilmiş 30 mm M759 tapası	10
1.10. Köpük selüloitli el bomba tapası	11
1.11. Düşük erime noktalı malzemeden imal edilmiş tapa gövdesi.....	12
1.12. Yeni geliştirilen MEMS (S&A) elektromekanik tapa	13
1.13. Yeni tasarlanan havan tapası.....	14
1.14. 40 mm mekanik otomatik intihar tertibatlı tapa.....	14
1.15. Bataryalar için geliştirilen atalet ateşleyicisi	16
1.16. Geliştirilen iki alternatif el bomba tapası.....	17
1.17. SMA çekme şeritli el bomba tapası	18
1.18. Yeni geliştirilen 20 mm mekanik çarpmalı tapa	19
1.19. Mekanik güvenlik kurma mekanizmalı 40 mm tapa.....	20
1.20. Emniyet mekanizması	21
1.21. Dönme duyarlı bir güvenlik ve kurma mekanizmalı 40 mm tapa	21
1.22. Mühimmat tapasının durumunu izleme cihazı.....	22
1.23. Mevcut gkm (a), rotor üzerine kilitleme pimi eklenmiş gkm (b),.....	23
1.24. Değişken ateşleme süresine sahip tapa	24
1.25. Burundan hava ile yörünge düzeltmeli tapa	25
1.26. Yörünge düzeltmeli tapa (a), yakıt hücresi modülü (b)	26
1.27. Havan tapalarının burnuna eklenen türbin mekanizması.....	27
1.28. PDSD DM431 tapası	28
1.29. MEMS güvenlik kurma ve fonksiyon mekanizması.....	29
1.30. Modifiyeli-modifiyesiz (a) rotor ve (b) pandül.....	30

1.31. GKM'nin davranışının analiz metodlarıyla ölçülmesi.....	30
1.32. M767A1 MEMS GKM.....	31
1.33. Dönebilen çarpma flanş mekanizmasına sahip tapa	32
1.34. GKM'nin güvenli olarak montajı için yapılan değişiklikler	33
1.35. Düşük enerjili başlatıcı geliştirilmesi.....	34
1.36. S&A mekanizmasının abaqus/standard simülasyonları	35
1.37. Topçu kurulma mekanizması	38
1.38. MTF01 tapası.....	39
2.1. 60 mm M224 havan silah sistemi	43
2.2. Mühimmatın namluya otomatik olarak yüklenmesi	44
2.3. Otomatik yüklemeli havan silah sistemi.....	45
2.4. Mühimmat ailesi	46
2.5. Radar kullanılarak yapılan ışın izleme güdüm sistemi (a), lazer kullanılarak yapılan ışın izleme güdüm sistemi (b)	47
2.6. Güdümsüz 81 mm havan mühimmat kesiti (a), güdümlü 81 mm havan mühimmatı (b)	49
2.7. Güdümsüz topçu mühimmatı bileşenleri (a), güdümlü XM982 excalibur topçu mühimmatı bileşenleri (b).....	50
2.8. 122 mm ÇNRA bilyeli harp başlığı	51
2.9. Kovan (5.56mm).....	51
2.10. MKE MOD 500 elektrikli kapsül	52
2.11. Modüler barut	52
2.12. Örnek bir tapa görseli (PD DM 111A4 havan tapası).....	53
2.13. MKE MOD 502 mekanik çarpmalı hassas ve gecikmeli tapa	54
2.14. M734 tapasının genel kesit görüntüsü (a), güç kaynağı bileşenleri (b)	56
2.15. Elektronik tapalar için LiSOCl ₂ piller.....	56
2.16. XM784 Tapası genel görüntüsü (a), bileşenleri (b).....	57
2.17. DM 183 mekanik zaman tapası	58
2.18. Ultrasonik sensörün çalışma gösterimi	59
2.19. M9815 elektronik yaklaşım tapası.....	60
2.20. K584 Çok maksatlı tapa.....	61
2.21. Yörünge düzeltmeli tapa SPACIDO (a)- ECF (b)	62
2.22. Yörünge düzeltmeli tapa (ilk hız ölçümü) çalışma şekli gösterimi	63
2.23. Yörünge düzeltmeli tapa (GPS) çalışma şekli gösterimi	63

2.24. FGK Tapası.....	64
2.25. M1156 PGK Tapa.....	66
2.26. STANAG 2916 havan tapası dış balistik formu	67
2.27. G kuvveti hesabındaki emniyetli ve emniyetsiz mesafe gösterimi	70
2.28. a) Atış öncesi ve b) atış anı namlu içi simülasyonu	71
2.29. Yeni ateşleme sistemli üst gövde ile atış anındaki namlu içi gösterimi.....	71
2.30. Havan mühimmatının atış anında namlu içinde maruz kaldığı ivme grafiği....	72
3.1. Yeni ateşleme sistemli havan tapası	75
3.2. Yeni ateşleme sistemli üst gövde ve bileşenleri.....	76
3.3. Üst gövde tasarım kriterleri	77
3.4. Kovan tasarım kriterleri	78
3.5. Yataklama gövdesi tasarım kriterleri	79
3.6. Ateşleme iğnesi tasarım kriterleri	80
3.7. Yay tasarım kriterleri	81
3.8. Montaj tasarım kriterleri a) Emniyetli, b) Atış anı namlu içi ve c) atış anı namlu çıkışı.....	82
3.9. Üst gövde kompleksinin G test cihazına bağlanması.....	84
3.10. Yay tansiyon cihazı.....	85
3.11. Darbe test cihazı.....	86
3.12. Sıcaklık-nem cihazı.....	87
3.13. Sıcaklık ve nem testi detayları	88
3.14. Termal şok testi detayları.....	89
3.15. Titreşim test cihazı.....	89
3.16. Tuz sisi test cihazı.....	90
3.17. Sızdırmazlık test cihazı	91
4.1. Alt gövde kurulma süresi test sonuçları.....	92
4.2. Alt gövde kurulma süresi normal dağılım grafiği.....	93
4.3. Yeni tasarım ateşleme sisteminde yer alan kovanın G kuvveti– sıkıştırma miktarı grafiği.....	94
4.4. Yeni üst gövde <i>G testi öncesi</i> katı modeli (a) ve test (b,c,d) görüntüleri.....	95
4.5. Yeni üst gövde <i>G testi sonrası</i> katı model (a) ve test görüntüsü (b, c, d).....	96
4.6. Mevcut üst gövde <i>G testi öncesi</i> katı model (a) ve test (b,c,d) görüntüleri	97
4.7. Mevcut üst gövde <i>G testi sonrası</i> katı model (a) ve test görüntüsü (b)	97
4.8. Tapa kompleksi burun çap ölçü kontrol sonuçları	99

4.9. Tapa kompleksi burun çap ölçüsü normal dağılım grafiği	99
4.10. Tapa kısmi boy ölçü sonuçları	100
4.11. Tapa kompleksi kısmi boy normal dağılım grafiği.....	101
4.12. Tapa kompleksi tam boy ölçü sonuçları	102
4.13. Tapa kompleksi tam boy normal dağılım grafiği.....	102
4.14. Tapa kompleksi dış çap ölçü sonuçları	103
4.15. Tapa kompleksi dış çap normal dağılım grafiği	103
4.16. Mevcut tapa sistemindeki yayın a) montaj öncesi (a) ve montaj sonrası (b) görünümleri.....	117
4.17. Mevcut tasarım farklı mesh eleman sayılarındaki görselleri.....	118
4.18. Mevcut yay sisteminin meshten bağımsızlaştırma sonuç grafiği	118
4.19. Mevcut tapa sistemindeki yayın yer değiştirme analiz sonucu.....	119
4.20. Mevcut yay kuvvet-zaman grafiği	119
4.21. Mevcut tasarım sonlu elemanlar ağ yapıları	121
4.22. Mevcut tasarıma etki eden G kuvveti – zaman grafiği	122
4.23. Mevcut tapa st gövdesinin t=0 s anındaki kesit görünümü – namlu içi.....	123
4.24. Mevcut tasarımda (a) başlangıç anı, (b) 4ms, (c) 7ms, (d) 10ms sonra iğne durumu.....	124
4.25. Mevcut tapa st gövdesinin t=0,01 s anındaki kesit görünümü – namlu içi...	125
4.26. Mevcut tasarımda iğne yer değiştirme – zaman grafiği.....	125
4.27. Mevcut tasarımda yer değiştirme – zaman – ivme grafiği.....	126
4.28. Mevcut tasarım farklı serbest düşme analiz sonuçları (Ateşleme iğnesi yer değiştirme-zaman grafiği).....	127
4.29. Yeni ateşleme sistemdeki yayın a) montaj öncesi ve b) montaj sonrası görünümleri.....	128
4.30. Yeni tapa sistemindeki yayın analiz sonrası görünümü.....	128
4.31. Yeni yay kuvvet – zaman grafiği.....	129
4.32. Yeni tasarım sonlu elemanlar ağ yapıları.....	130
4.33. Yeni tasarıma etki eden G kuvveti – zaman grafiği.....	131
4.34. Analiz ilk durum a) tam, b) kesit görüntüsü	132
4.35. Yeni tasarım a) 1ms b) 10ms sonra kovan ve iğne konumları.....	132
4.36. Yeni tasarım a) 11ms, b) 12 ms bilye hareketleri	133
4.37. Yeni tasarım iğne - yer değiştirme – ivme grafiği	133
4.38. Yeni tasarım farklı serbest düşme analiz sonuçları.....	134

4.39. Yeni tasarım a) 0,7mm b) 0,65 mm c) 0,6 mm d) 0,5 mm e) 0,4 mm yay yel çapı.....	135
4.40. Farklı yay tel çapı için iğne yer değiştirme – zaman grafiği.....	136
4.41. Farklı yay tel çapı için iğne yer değiştirme – ivme grafiği.....	137
4.42. Ateşleme iğnesinin <i>emniyetli konumda</i> detonatöre olan uzaklıkları, a)Mevcut sistem, b) Yeni sistem.....	138
4.43. Ateşleme iğnesinin <i>atış anında – namlu içinde</i> detonatöre olan uzaklıkları, a) Mevcut sistem, b) Yeni sistem	139



SİMGELER DİZİNİ

G	G kuvveti (birimsiz)
R	Mesafe (cm)
F	Kuvvet (N)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
a	İvme (m/s^2)
m	Kütle (kg)
ω	Açısal hız (rad/sn)
n	Devir Sayısı (d/dak)
P	Basınç (pascal)
A	Alan (m^2)
x	Mesafe (m)



KISALTMALAR DİZİNİ

ARDEC	Armament Research, Development and Engineering Center
BRG	Beam Rider Guidance
CAD	Computer Aided Design
CEP	Circular Error Probable
CW Doppler	Continuous-Wave Doppler
ÇNRA	Çok Namlulu Roket Atar
ECF	European Correcting Fuze
ESAD	Electronic Safe, Arm Devices
ESD	ElectroStatic Discharge
FM	Frequency Modulation
FMU	Fuze Munition Unit
G	G Kuvveti
GKM	Güvenlik ve Kurma Mekanizması
GMI	Giant Magneto Impedance
GNSS	Global Navigation Satellite System
GP	General Purpose
GPS	Global Positioning System
HE	High Explosive
HDPE	High Density Polyethylene
HEDP	High Explosive Dual Purpose
HGK	Hassas Güdüm Kiti
HİREL	High Reliability Fuzing System
ICA	Isotropic Conductive Adhesives
IM	Insensitive Munition
INS	Inertial Navigation System
KKS	Küresel Konumlandırma Sistemi
KKBS	Küresel Konum Belirleme Sistemi
LEEFI	Low Energy Exploding Foil Initiator
LCU	Local Control Unit
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems
MIL-STD	Military Standard
MTSQ	Mechanical Time & Super Quick
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NDT	Non Destructive Testing
PBXN	Polymer Bonded Explosive Neutralizing
PCB	Printed Circuit Board
PD	Point Detonating
PDSD	Point Detonating Self Destruction
PFF	Pre Formed Fragmented
PGK	Precision Guidance Kit
RDX	Royal Demolition Explosive
RF	Radio Frequency
RPM	Revolutions Per Minute
S&A	Safety&Arming
SAD	Safety Arming Device
SAF	Safety, Arming and Functioning
SCL	Serial Clock

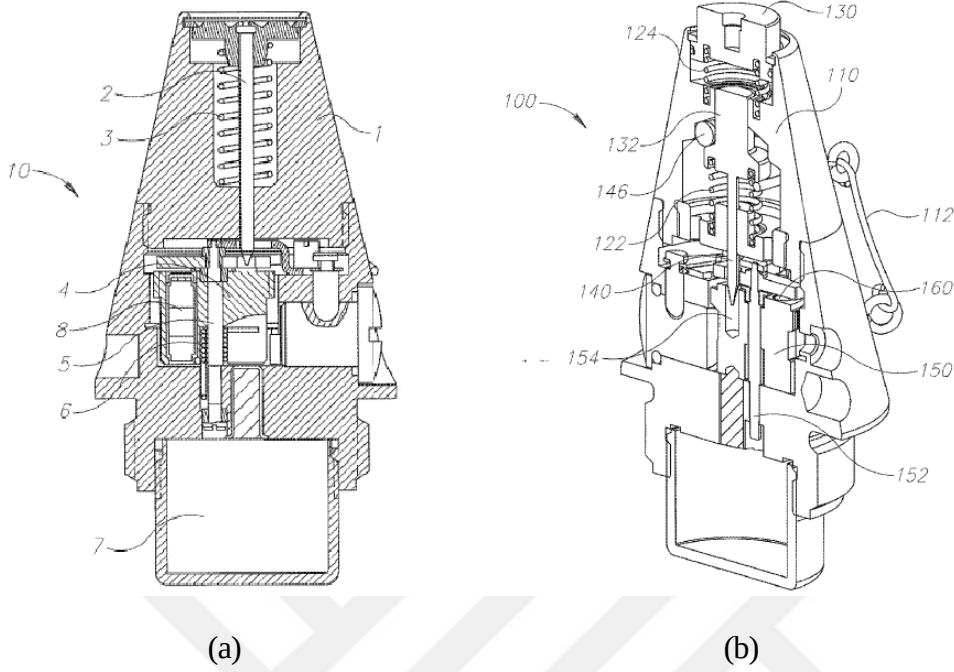
SD	Self Destruction
SDA	Serial Data
SMA	Shape Memory Alloy
STANAG	Standardization Agreement
UHF	Ultra High Frequency
UXO	Unexpended Ordnance
VHF	Very High Frequency



1. GİRİŞ

Uluslararası arenada, ülkelerin ekonomik ve siyasal alandaki gücünü belirleyen temel unsurlarından biri olan savunma sanayinde, dünyada yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak; değişime, yeniliğe ve modernizasyona sürekli olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra silah sistemleri üzerinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Karada, havada ve denizde teknolojik olarak silah gücüne sahip ülkeler; 2. Dünya Savaşı'nda ve sonrasında geliştirilen silah sistemlerini denemiş ve yaşanan tecrübelerden, kazalardan, başarılı/başarısız operasyonlardan ve personel kayıplarından dersler çıkartarak mevcut silah ve mühimmat sistemlerini sürekli olarak geliştirmek zorunda kalmışlardır [1]. Mühimmatlar, doğaları gereği oldukça ağır bir patlayıcı yükü taşımakta ve çeşitli sebeplerden dolayı yaşanabilecek kazalarda ölümcül sonuçlar ortaya çıkarabilmektedirler [2]. Bu yüzden kullanılan silah sistemlerinde ve mühimmatlarda bazı güvenlik mekanizmaları zorunluluk haline gelmiştir. Mühimmatlarda kullanılan bu güvenlik mekanizmalarından en önemlisi tapalardır. Tapalar; mühimmatın, atış anından önce ve atış anından infilak anına kadar olan sevk sürecinde güvenliğini sağlayan, içerisinde elektronik, mekanik ve kimyasal alt bileşenler içerebilen ve en önemlisi bir mühimmatın hangi şartlar altında fonksiyon göstereceğine karar veren mekanizmalardır [3]. Tapalar topçu, havan, roket, uçaksavar, uçak bombaları gibi hemen hemen tüm mühimmat ailesinde yer alan kritik bir bileşendir. Mühimmatlar, genellikle atıştan sonra aktif olan ve istenilen fonksiyon türüne göre hedef üzerinde ateşlenen bir tapa tertibatı ile donatılmıştır. Birçok tapa; ateşlenmeden önce veya kısa bir süre sonra meydana gelebilecek kazaları önlemek ve güvenliği arttırmak için, atış sırasında ve önceden tanımlanmış kurulma gecikmesinden sonra, uygulanan merkezkaç/ivme kuvvetlerine tepki veren bir Güvenlik ve Kurma Mekanizması (GKM) içermektedir. Gerekli olan güvenlik önlemini bu mekanizma sağlamaktadır [4]. Havan mühimmatları kuyruk dengeli olduğu için sadece eksenel ivme kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu sebepten tapanın burun kısmında yer alan ateşleme iğnesi, ateşleme esnasında gerileme kuvvetinin etkisiyle zıt yönde ilerlemektedir. Bu sırada GKM, kurulu durumdaysa veya istenilen kurulma gecikme zamanından çok daha kısa sürede kurulduysa infilak gerçekleşmektedir. Bu sebeple, mevcut güvenlik önlemlerinin dezavantajlarının üstesinden gelen ilave güvenlik mekanizmalarının yer aldığı Şekil 1.1. (b)'de

gösterilen havan tapası tasarlanmıştır. Tasarlanan havan mühimmatı tapası hem istemsiz patlamaları engellemiş hem de arıza durumları önemli ölçüde azaltılmıştır [5].



Şekil 1.1. Mevcut havan tapası (a), yeni geliştirilen havan tapası (b) [5]

Dünyada havan tapası üreten firmalar incelendiğinde, güvenlik ile ilgili çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Şekil 1.2. (a)'da gösterilen DM111 ve DM93 havan tapalarına ikinci bir emniyet eklenmesi için çalışma yapılmıştır. Yeni geliştirilen tapalara Şekil 1.2. (b)'de gösterilen DM111S ve DM183 model numarası verilmiştir. Bu çalışmalarda havan tapalarının burun kısmına türbin yapısı eklenerek farklı bir güvenlik özelliği geliştirilmiştir. Bu sayede, kuyruk dengeli (uçuş sırasında kendi eksenini etrafında dönmeyen) mühimmatın, uçuş sırasında oluşan hava akımı ile burun kısmı döndürülmüş ve santrifüj etkisi oluşturulmuştur. Bu sistem, GKM içerisindeki rotor ile bağlantılı durumdadır. Rotor üzerindeki emniyetin kaldırılabilmesi için atalet kuvvetine ek olarak merkezkaç kuvveti de gereklidir ve gerekli olan santrifüj yaklaşık 7000 rpm değerindedir. Ayrıca, mevcut tapalardaki ek bir güvenlik özelliği sağlamak adına atış anına kadar tapa üzerinde tutulması gereken nakil emniyet teline bu sayede gerek kalmayacaktır. Nakil emniyet telinin ortadan kaldırılması, kullanıcı hata riskini azaltmaktadır. Ayrıca mevcut DM111, DM93 tapalarıyla karşılaştırıldığında, DM111S ve DM183 tapalarının otomatik yüklemeli havan silah sistemlerinde kullanımı sağlanmıştır [6].



Şekil 1.2. Mevcut DM111, DM93 havan tapaları (a), geliştirilen yeni DM111S, DM183 havan tapaları (b) [6]

Yapılan bir diğer çalışmada M751 havan tapası incelenmiştir. Bu tapa, 0. barut hakkında 27,2 % bir balistik güvenilirlik göstermektedir. Bu tapada, güvenilirlik sorunu ve tek emniyet sistemi gibi olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve Tapa Tasarım ve Güvenlik Kriterleri (MIL-STD-1316F, kaynak 89)’nde yer alan güvenlik isterlerini karşılamak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Amaç, düşük maliyetli ve tüm havan mühimmatlarında kullanılabilecek bir tapa geliştirmektir. Yapılan çalışmada, tapanın hedefe çarpma anında aktif olmasını sağlayan ateşleme mekanizması ve bu mekanizmayı güvende tutacak birtakım tasarım değişikliklerine gidilmiştir. Tasarım değişiklikleri, G testi ve Tapa Çevresel ve Performans Testleri (MIL-STD-331, kaynak 95)’nde yer alan 12m düşürme testi ile doğrulanmıştır ve 0. barut hakkında atışlı testler yapılarak uygun sonuçlar alınmıştır [7].

Akıllı topçu mühimmat geliştirme maliyetini en aza indirmek için Şekil 1.3’te yer alan kurma gecikmeli minyatür bir mekanik güvenlik ve kurma mekanizması geliştirilmiştir. Kremayerli ve pinyon hareketi ile çalışan, patlayıcı zinciri ekseninden kaçık bir sistem uygulanarak, güvenilir gecikme performansı elde edilmiştir. Minyatür mekanik Safety Arming Device (SAD), sadece minyatürleştirme değil, aynı zamanda yüksek bir işleme verimi sağlayan paslanmaz çelik ıslak dağlama işlemi de kullanılarak üretilmiştir. Minyatür mekanik SAD, laboratuvar testlerinde istenilen güvenlik ve kurma koşulları altında başarılı bir şekilde performans göstermiş ve sonlu

elemanlar yöntemi simülasyon sonuçları ile uyum göstermiştir. Güvenlik kurma mekanizmasının gerçek ateşleme koşullarındaki performansını doğrulamak için 40 mm bombaatar mühimmatı ile saha testleri yapılmıştır. Güvenlik mesafesi (23,6 m) ve kurma mesafesi (200 m) için 100 adet numune kullanılmış ve her spesifik test kriteri başarıyla karşılanmıştır. Ayrıca yeni SAD'ın; çeşitli sıcaklık, titreşim ve darbe koşulları altında çevresel testleri yapılmış ve SAD'ın 40 mm bombaatar mühimmatı tapaları ile benzer atış koşullarına sahip topçu tapalarında da güvenli bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür [8].

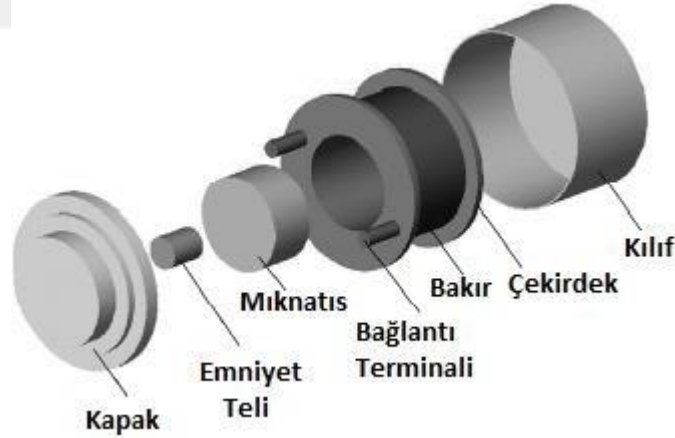


Şekil 1.3. Minyatür güvenlik kurma mekanizması [8]

MEMS teknolojisinin hızlı gelişimi ile birlikte RF anahtarı, atalet jiroskopu, MEMS mikro ayna, rezonatör ve hızlanma sensörü gibi birçok yeni MEMS ürünü geliştirilmiştir. Geliştirilen üç boyutlu zikzak yuvası, geleneksel ataletsel frenleme emniyet ve kurma mekanizmasında çarpma etkisi ivmelenmesi ve yumuşak başlangıç ivmesini tanımlamak için uygulanmıştır. Uygulamaların neticesinde orta ve büyük kalibreli mühimmat tapaları için bir MEMS düzlemsel zikzak yuvası kalifiye edilmiştir [9].

Elektronik tapa için Şekil 1.4'te gösterilen atalet jeneratörü güç kaynağının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilecek atalet jeneratörü belirli bir süre boyunca belirli akım ve voltaj özelliklerine sahip yeterli elektrik enerjisi, hızlı aktivasyon süresi, yüksek G şokuna dayanım ve 20 yıl raf ömrü gibi gereksinimleri karşılamalıdır. Son zamanlarda hafif minyatür yedek piller tercih edilmekte olmasına karşılık, bu yedek pillerin de birkaç on milisaniyelik yavaş aktivasyon süresi, yüksek maliyeti ve

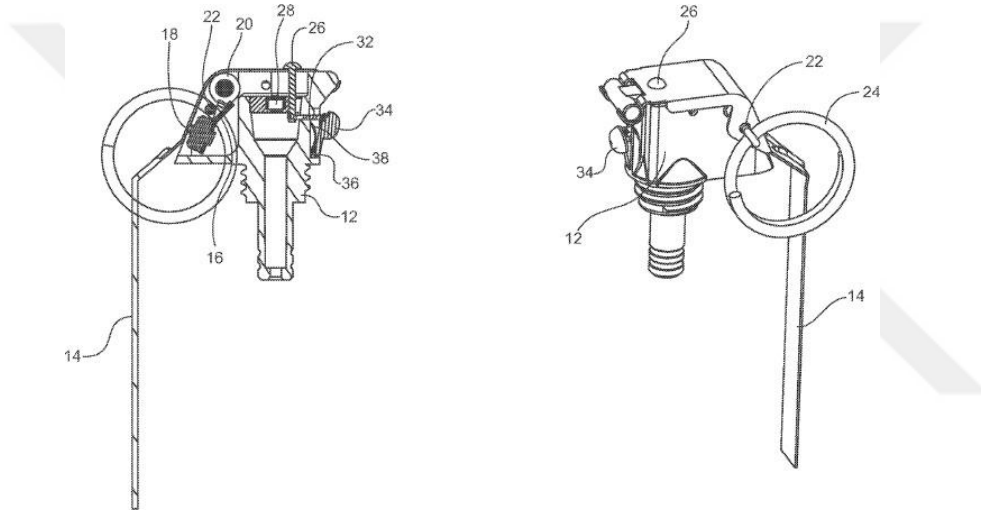
tasarım değişikliğindeki zorlukları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu sebepten, yukarıdaki dezavantajların üstesinden gelebilen atalet jeneratörleri ön plana çıkmaktadır. Kalıcı bir mıknatıs, bir çekirdek ve çekirdeği çevreleyen bir bobinden oluşan atalet jeneratörleri, mıknatıs gerileme sırasında bobinden hızla çıkarıldığında, mıknatısın mekanik enerjisini bobinin terminalleri boyunca elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Atalet jeneratörleri, tapanın enerji gereksinimlerini karşılamaktadır, ancak tapa kazara düşürülürse ateşlenmesini önleyecek uygun bir bırakma mekanizması tasarlamak, üretmek bazı zorluklar getirmektedir. Tasarımı ve üretimi daha kolay olan atalet jeneratörü geliştirilmiştir. Bu jeneratör halka şeklinde mıknatıs, indüksiyon bobin, çekirdek, bağlantı ucu ve kesme plakasından oluşmaktadır. Bu tasarımda, tapanın kazara düşmesi durumunda jeneratörlerin çalışmasını önlemek için kesme plakası güvenlik açısından çok önemlidir. Kesme plakası, mıknatıs tarafından kesilene kadar, mıknatısın yanlışlıkla hareket etmesini önlemektedir. Bu tasarımda yer alan kesme plakası, mıknatısın 5000 G hızlanma altında hareket etmesini önlemektedir ve 15.000 G hızlanmada tamamen kesilmektedir. Bu jeneratör sayesinde; hızlı aktivasyon süresi, küçük hacim ve hafiflik ile yeterli elektrik enerjisi elde edilmiştir [10].



Şekil 1.4. Atalet jeneratörü yapısı [10]

El bombalarını emniyetli hale getirebilmek için Şekil 1.5'te gösterilen çift emniyet sistemine sahip el bomba tapası geliştirilmiştir. El bombaları tapalarında genel olarak; gövde, patlayıcılar (gecikmeli ve hassas), iğne mekanizması, kabze ve kabzeyi gövdeye sabitleyen çekme halkası bulunmaktadır. Çekme halkası, tapa gövdesinden ayrıldığında, patlamayı önlemenin tek yolu, kullanıcının kabzeyi tutmasıdır. Kabze

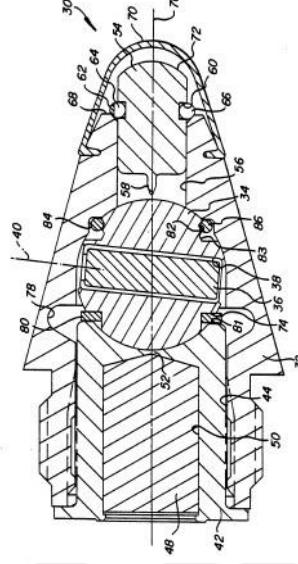
bırakıldığında, el bombası ateşlenme süreci başlamakta ve el bombası kısa süre sonra patlamaktadır. Çekme halkasının yanlışlıkla bir nesneye takılması ve el bombasından ayrılması mümkündür. Böyle bir olasılık, kullanıcı ve kullanıcının yakınındaki personel veya araçlar için çok tehlikeli olabilmektedir. Bu sebepten, bir el bombası tapası için ikinci bir güvenlik özelliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda yeni bir el bombası tasarlanmıştır ve bu el bombası çift güvenlik özelliğine sahiptir. Çift güvenlik özellikleri arasında geleneksel bir çekme halkası ve ikincil bir güvenlik özelliği bulunmaktadır. İkincil güvenlik özelliği, kabzeyi güvenli konumunda tutmak için çekme halkasına paralel olarak çalışan tetik sistemidir. Kullanıcı tetiğe parmağıyla bastığında kabzeyi tutan ikinci emniyet ortadan kalkmaktadır [11].



Şekil 1.5. Çift güvenli el bomba tapası [11]

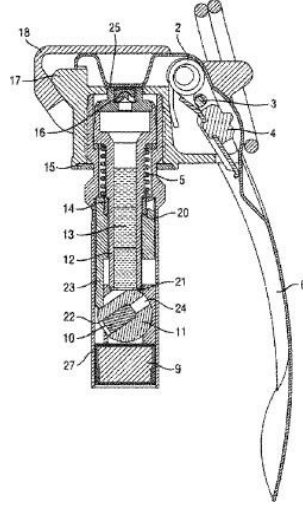
20 mm M56 yüksek patlayıcı yangın mühimmatında M505A3 tapası kullanılmaktadır. Bu tapa, tek emniyete sahiptir. Bu tapa, küresel rotor, rotorun dönmesini engelleyen klips, ateşleme iğnesi ve patlayıcı kapsülden oluşmaktadır. Bu tapa, mühimmat ilk ateşlendiğinde oluşan dönü kuvvetiyle gecikmesiz olarak kurulmaktadır. Bu sebepten tapanın namlu önü emniyeti bulunmamaktadır. Bu sebepten Şekil 1.6'da gösterilen namlu önü emniyetli tapa geliştirilmiştir. Geliştirilen bu tapada üç emniyet bulunmaktadır. Bu emniyetler ateşleme iğnesinin ve rotorun hareketini engelleyen klipslerdir. Rotorun alt ve üstünde olmak üzere iki klips bulunmaktadır. Üst kısımdaki klips atış anındaki ters atalet ivmesiyle geri çekilmektedir. Alt kısımdaki klips ise oluşan dönü ile açılmaktadır. Bu iki emniyet ortadan kalktıktan sonra rotor serbest

kalmakta ve ağırlık merkezi etkisiyle dönmektedir. Aynı şekilde ateşleme iğnesi üzerindeki klips dönü etkisiyle açılmakta ve ateşleme iğnesini serbest bırakmaktadır. Bu üç klipsin aktif olması tapanın kurulmasını geciktirmektedir. Bu gecikme, mühimmatın silah sistemini terk etmesinden sonra personel ve donanım emniyeti için belirli bir mesafeye kadar mühimmatın infilak etmesini engellemektedir [12].



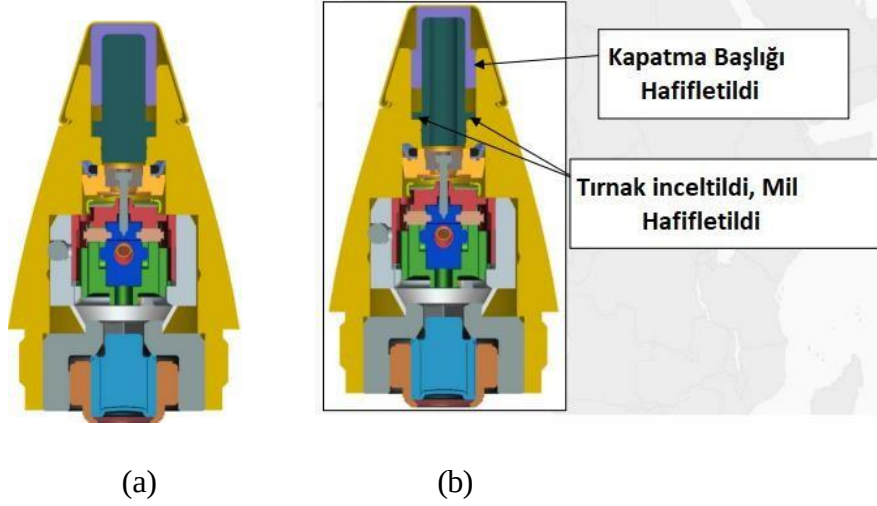
Şekil 1.6. Kurulma gecikmeli yeni 20 mm tapa [12]

El bombalarında istem dışı aktivasyona karşı, geleneksel el bombası tapalarına göre daha iyi güvenlik sağlayan uygun maliyetli Şekil 1.7’de gösterilen el bombası tapası geliştirilmiştir. El bomba tapası, bir açık ateşe maruz kalması (istem dışı patlama) durumunda yanlışlıkla ateşlenmektedir. Geliştirilen bu el bomba tapası; tapa gövde, ateşleme çekici, kabze, kapsüller, geciktirici ecza, bağlantı lehim, yay, küresel rotor, ana patlayıcıdan oluşmaktadır. Geliştirilen bu tapanın fonksiyon yapabilmesi için ateşleme zincirinin eksiksiz tamamlanması yani geliştirilen rotorun dönerek zinciri tamamlaması gerekmektedir [13].



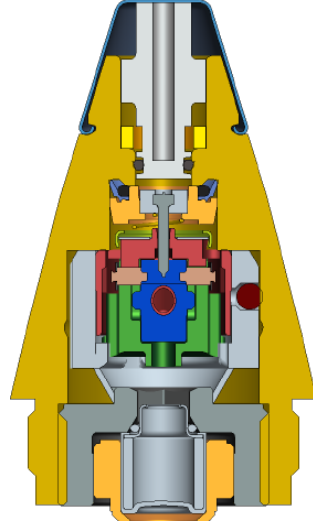
Şekil 1.7. Rotor emniyetli el bomba tapası [13]

30 mm M789 Yüksek Patlayıcı Çift Amaçlı (HEDP) mühimmatta kullanılan M759 tapasının yumuşak hedeflerde (kum, toprak v.b.) daha etkili fonksiyon yapmasını sağlamak için Şekil 1.8’de gösterilen tapa üzerinde bazı iyileştirmeler yapılmıştır. Çünkü Şekil 1.8. (a)’da gösterilen mevcut mühimmat tapasında yumuşak zeminlerde hedefe bir miktar nüfuz ettikten sonra patlama gerçekleşmektedir. Bu yüzden mühimmatın patlama ve parçalanma etkinliği yumuşak zeminlerde zayıflamaktadır. Patlama hassasiyetini arttırmak (patlama gecikme süresini azaltmak) için Şekil 1.8. (b)’de gösterilen tapanın burun kısmı yeniden tasarlanmıştır. Bu tasarım, mühimmatın atış anında maruz kaldığı dönü kuvveti (60.000 RPM) ve G atalet ivmesine (125.000 G) dayanabilecek ve aynı zamanda çarpma anında patlamayı kolaylaştıracak şekilde yapılmıştır. Ancak, yeni tasarım atış anında maruz kaldığı 125.000 G atalet kuvvetine dayanamamıştır [14].



Şekil 1.8. Mevcut 30 mm M759 tapası (a), Yeni geliştirilmiş M759 tapası (b) [14]

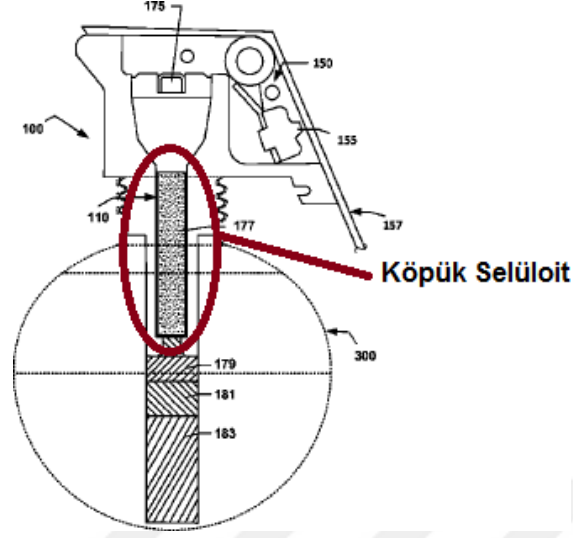
M759 tapasının tasarımı Şekil 1.9’da gösterildiği gibi tekrar değiştirilmiş ve burun kısmına 60.000 RPM ile aktif olan klips eklenmiştir. Bu değişikliklerin sonucu olarak patlama süresi 0,2 milisaniyeden 0,083 milisaniyeye düşürülmüştür. Hedef nüfuz etme derinliği 4 inç’ten 0,28 inç’e düşürülmüştür. Atışlı testler için 110 tapa hazırlanmıştır. Atışlı testlerde 1000 m mesafede 1/4” kontraplak hedef ve 2000 m mesafedeki kum hedef kullanılmıştır. Kontraplak hedef atışlarında; yeni tasarlanan 45 adet numunenin tamamı hedef üzerinde fonksiyon yaparken, Şekil 1.8. (a)’da gösterilen değişiklik yapılmamış 21 adet M759 tapa numuneleri ise hedefte fonksiyon yapmamıştır. Kum hedef atışlarında ise yeni tasarım M759 ile yapılan atışların tamamı (hedef içine nüfus etmeden) hassas olarak fonksiyon yapmıştır. Ancak değişiklik yapılmamış M759 tapa numuneleri ile yapılan atışlı testlerde mühimmatın kumun içine gömüldükten sonra fonksiyon yaptığı görülmüştür. Yapılan tasarım değişiklikleri ile sert ve yumuşak zeminlerde kullanılabilecek tapa ortaya çıkarılmıştır [15].



Şekil 1.9. Yeni geliştirilmiş 30 mm M759 tapası [15]

El bomba tapalarında kullanılan gecikmeli piroteknik ecza yerine enerjik olmayan bir gecikme elemanı, Şekil 1.10'da gösterilen el bomba tapası geliştirilmesi amaçlanmıştır. Piroteknik ecza silahlı kuvvetlerde büyük endişeler oluşturmaktadır. Bu endişeler, el bombasının patlamaya kadar aktif hale getirilmesi arasındaki bekleme süresi gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Bu zaman döngüsü, el bombasının işlevi ve askerin güvenliği için kritik öneme sahiptir. Bu sebeple enerjik olmayan bir geciktirme karışımı, el bombaları için güvenlik açısından kritik öneme sahiptir. Daha spesifik olarak; geciktirme karışımında, geleneksel geciktirme karışımı bileşimi yerine köpük selüloit kullanılmakta, tapanın diğer özellikleri değişmeden kalmaktadır. Yeni enerjik olmayan gecikme karışımı, geleneksel piroteknik gecikme karışımlarından daha tutarlı bir yanma hızı ve daha güvenilir bir gecikme sağlamaktadır. Bu amaçla, enerjik olmayan gecikme karışımı köpük selüloit, ABD ordusu Silahlanma Araştırma, Geliştirme ve Mühendislik Merkezi (ARDEC) tarafından geliştirilmiştir ve belirli yanma oranları sağladığı kanıtlanmıştır. Geleneksel el bomba tapası, karmaşık üretim gerektiren enerjik bir piroteknik karışım kullanan gecikme karışımlarını içermektedir. Gecikme karışımı, bazen tutarsız yanma süreleri gösterebilmektedir. Köpük selüloit'in birçok avantajı bulunmaktadır; yanma zamanı / gecikme süresindeki çok düşük bir değişkenlik, üretim ve sevkiyat kolaylığı, duyarsız olması, üretim maliyetinin düşük olması, montaj sırasında çalışanlar için yüksek güvenilirlik gibi birçok avantaja sahiptir. Yeni geliştirilen bu köpük selüloit 2,5 saniye gecikme sağlamıştır. Köpük selüloit karışımının malzeme özellikleri (kalınlık, yoğunluk, uzunluk gibi), istenilen gecikme sürelerini doğru ve güvenilir bir şekilde elde etmek için değiştirilebilmektedir. Bu yeni

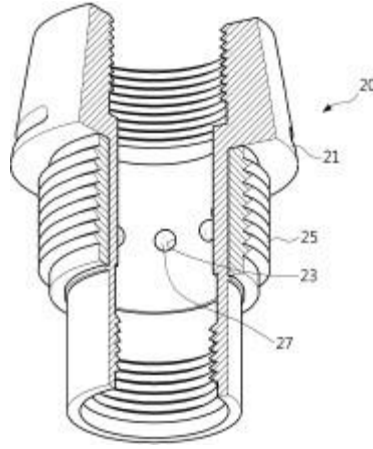
uygulama; el bomba tapaları, intiharlı tapalar, diğer askeri ve ticari alanlarda kullanılabilecektir [16].



Şekil 1.10. Köpük selüloitli el bomba tapası [16]

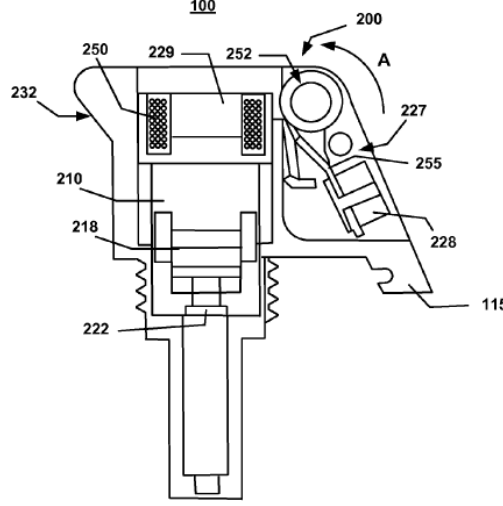
Isı, darbe ve yangın nedeniyle beklenmedik patlamaları önlemek için tapanın duyarsızlaştırılması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Mühimmatın taşınması ve depolanması sırasında beklenmedik bir yangın veya harici darbe nedeniyle bir kaza meydana geldiğinde; geleneksel bombardıman mühimmatı, yangının ürettiği basıncı doğru zamanda boşaltamayacağı için patlamayı zayıflatamaz veya ortadan kaldıramaz. Bu sebeple, patlama büyük bir kazaya yol açmaktadır. Bunu önlemek adına Şekil 1.11’de gösterilen tapa gövdesi üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Tapa gövde üzerine çevresel olarak yaklaşık 23 adet delik açılmıştır. Bu deliklerden plastik enjeksiyon metoduyla mermi gövdesiyle bağlantı yapabilmek için dış arayüzü oluşturulmuştur. Ancak, yapılan bu değişiklikle, mühimmatın normal kullanımına uygun mukavemet sağlamasına dikkat edilmiştir. Dişli kısım, yüksek yoğunluklu bir polietilen malzemeden (HDPE) oluşmaktadır. Yüksek yoğunluklu polietilen, erime noktası yaklaşık 105 ila 110 °C olan, yüksek yoğunluk nedeniyle mükemmel bir sızdırmazlık kuvvetine sahip ve düşük erime noktalı bir malzemedir (Enerji malzemesinin kendiliğinden tutuşma sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta eriyebilen). Enerji maddesinin kendiliğinden tutuşma sıcaklığı yaklaşık 300 °C veya daha yüksek olabilmektedir. Yukarıda sözü edilen düşük erime noktalı malzeme kullanan dişli kısım, bir yangın sırasında enerji maddesinin kendiliğinden tutuşma

sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta erimekte ve böylece patlamayı önlemek için basıncı boşaltmaktadır [17].



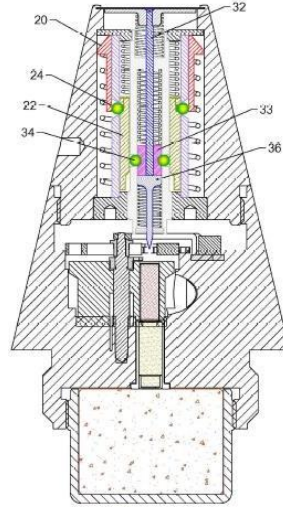
Şekil 1.11. Düşük erime noktalı malzemeden imal edilmiş tapa gövdesi [17]

Geleneksel el bomba tapalarının uzun bir süre boyunca depolanamama, patlamaya karşı zamanlama tutarsızlığı, sıcaklığa bağımlılık, yaşlanmaya yatkınlık, imalat hatalarına bağlı olmak gibi dezavantajlarını üstesinden gelmek üzere Şekil 1.12’de gösterilen elektromekanik tapa geliştirilmiştir. Bu tapa; bir manyeto vurucu jeneratörü (elektronik üniteye ve güvenlik ve kurma cihazına enerji sağlamak için), kabze, çekme halkası, elektronik ünite ve mikro elektromekanik sistemli güvenlik ve kurma mekanizması MEMS (S&A) içermektedir. Yeni geliştirilen elektromekanik tapa, güvenilirlik ve güvenlik için birbiriyle ilişkili mekanik ve elektronik güvenlik mantığını içermektedir [18].



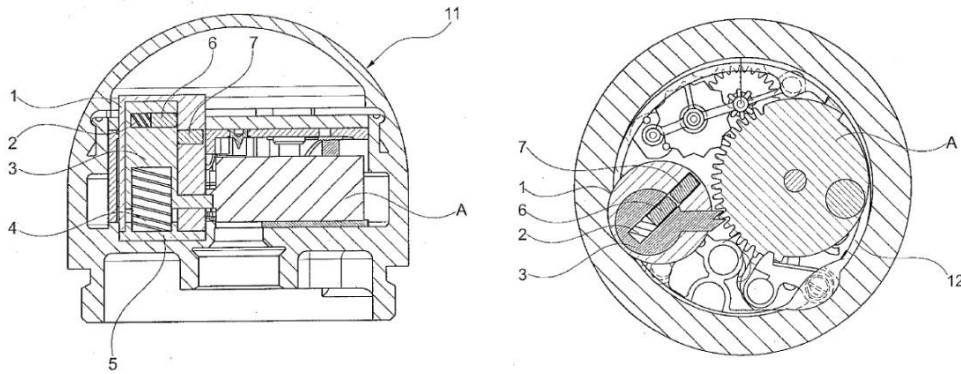
Şekil 1.12. Yeni geliştirilen MEMS (S&A) elektromekanik tapa [18]

Havan mühimmatlarının hedefe burun üzeri temas etmemesi (ağaç dallarına çarpıp yavaşlaması veya mühimmatın dengesini kaybetmesi, bataklık gibi yumuşak bir yüzey nedeniyle tapa burun kısmının çökmemesi veya mühimmatın kuyruk stabil kanadının anormalliği nedeniyle yan üzeri düşmesi gibi), tapanın çalışmaması veya burun kısmının arızalanmasına olan olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla Şekil 1.13'te yer alan yeni bir tapa tasarlanmıştır. Tasarlanan tapa ile, burun hassasiyetinin doğal çalışmasını etkilemeden tüm algılama / çalıştırma modülünün hacmi en aza indirilmiştir. Ayrıca tasarım ile atalet duyarlı tetik sistemi oluşturulmuştur. Mevcut tasarıma göre, geleneksel doğrudan darbe algılama yapısına ek olarak, sabit bir hız üzerinde bir yavaşlama oranının tespit edilmesi ve yavaşlatılması sürecinde, primer patlayıcıya geleneksel atalet yavaşlamasından farklı bir yoğunlukta güçlü bir şekilde vurması sağlanmıştır (Yeni burun yapısının aktif olabilmesi için 700 G geri çekme ivmesi ve min 0,1 saniye gereklidir). Yeni sistem ile mevcut çarpmalı yapıya göre daha kesin bir şekilde patlama mümkün kılınmıştır [19].



Şekil 1.13. Yeni tasarlanan havan tapası [19]

40 mm'lik bir çarpmalı mühimmat tapasına Şekil 1.14'te gösterilen mekanik bir otomatik intihar tertibatı dâhil edilerek, mekanik intiharlı tapa geliştirilmiştir. Tapanın hedefe veya bir engele çarpması halinde rotor iğneye çarpmakta ve ateşleme zincirini başlatmaktadır. Tapanın burun kısmının hedefe veya bir engele çarpmaması halinde ise atalet pimi içerisindeki kilitleme pimi; merkezkaç kuvvetinin azalmasıyla gövde üzerindeki yuvasına tekrar dönmekte ve atalet pimi, altındaki sıkışık yay vasıtasıyla, rotoru iğneye doğru fırlatmakta ve ateşleme zincirini başlatmaktadır. Tapanın intihar etmesi, alan temizliği açısından büyük önem arz etmektedir. Çünkü patlamamış mühimmatlar can güvenliği bakımından çok riskli bir durum yaratmaktadır [20].



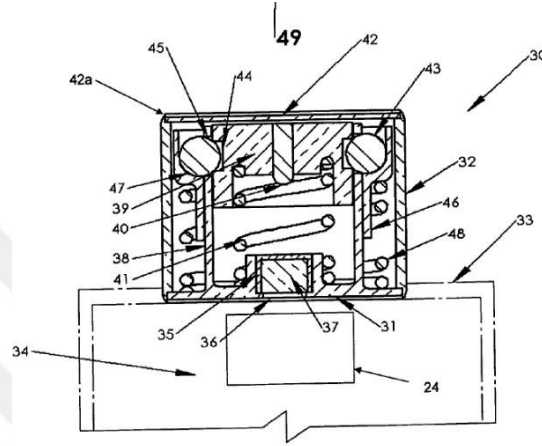
Şekil 1.14. 40 mm mekanik otomatik intihar tertibatlı tapa [20]

Çevresel bilgilerin farklılığına göre, yeni mikro manyetik sensör teknolojisi, tapaya adapte edilmiştir. Namlu içinde jeomanyetik sinyal çok azdır. Mermi namludan

çıkıldığında, manyetik bilgi, tapadaki manyetik sensörler tarafından tespit edilmektedir. Dev Manyeto-Empedans (GMI) sensör eksenel duyarlı bir sensördür. Mermi namlu içindeyken, sensör jeomanyetik sinyali alamamaktadır. Mermi namludan çıktıktan sonra, sensör değişen jeomanyetik sinyali almaktadır. Bu değişiklik merminin dönüşü ile olmaktadır. Böylece sensörler sinüs dalgasına kapanan bir sinyal vermektedir. Bu benzer sinüs dalgası, yedek güvenlikte işleme ve kare dalga çıkışı modülüne girmekte ve her kare dalga merminin bir döngüyü döndürdüğünü ifade etmektedir. “Eşik değer + zaman penceresi” değerlendirme prosedürü, yedek güvenlik modülünde mikroişlemci genliğini ve süreyi değerlendirmektedir. Bu yedek güvenlik sayesinde; mermi namludan çıktığında, jeomanyetik alan sinyalini tespit eden manyetik sensör, mühimmatın namluda olup olmadığı bilgisini ve mühimmatın dönü bilgisini içermektedir. Bu teknoloji ile mühimmatın normal veya anormal ateşleme durumu ayırt edilmiştir. Ayrıca jeomanyetik alan bilgisi ve mermi dönü bilgisi, namlu önü emniyet mesafesini belirlemek için kullanılmıştır [21].

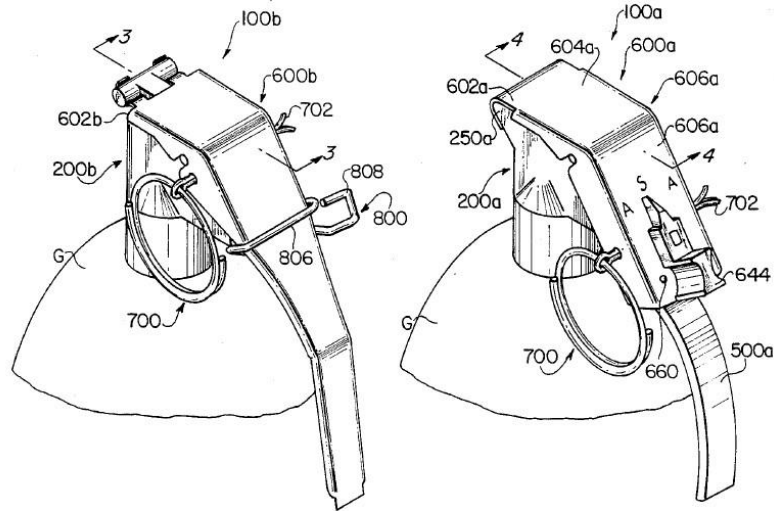
Termal bataryalar uzun süredir mühimmat ve diğer benzer uygulamalarda (özellikle mühimmat uçuşunda nispeten büyük miktarda güç sağlamak için) kullanılmaktadır. Termal piller yüksek güç yoğunluğuna sahiptir ve termal pilin elektroliti sıvı kaldığı sürece iletken olduğundan büyük miktarda güç sağlayabilmektedir. Mühimmat tapalarında kullanılan termal piller için yeni minyatür atalet ateşleyicilerin geliştirilmesine ve böylece harici güç kaynaklarına olan ihtiyacı ortadan kaldırmaya ihtiyaç vardır. Bu kapsamda Şekil 1.15’te gösterilen yeni minyatür ataletsel ateşleme mekanizması geliştirilmiştir. Tasarlanan bu ateşleyici mekanizma; gerileme yönünde 15 ms boyunca 900 G $\pm$ 150 G darbe hızlandırması verildiğinde ateşlenmektedir. Herhangi bir yönde 0,5 ms için 2000 G darbe hızlandırması verildiğinde ateşlenmemektedir. Maksimum 4 ms süresinde 490 G (tepe) $\frac{1}{2}$ -sinüs puls hızlandırması verildiğinde mekanizma çalışmamaktadır. Bu mekanizmalardaki atalet ateşleyicileri güvenli olmalı ve özellikle belirli uygulamalar için 7 metreye kadar beton zemine düşürüldüklerinde başlamamalıdır. Bu ateşleyiciler; yüksek atış hızlarına (20-50.000 G’ye kadar) dayanmalıdırlar. Kazara düşmeler sonucu çok kısa süreler boyunca yaşanan yüksek G hızlanmalarında ateşlenmemeli ancak bir silah namlusunda meydana gelen ateşleme hızlandırmalarına belirli bir süre boyunca maruz kaldığında (Bir tabancada 5 saniye boyunca uygulanan 1000 G ataletsel hızlanma, bir beton zemine kazara düşme sırasında yaşanan ancak sadece 0,5 ms süren 2000 G hızlanmaya

eşdeğerdir) ateşlenebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Güvenlik ve güvenilirliği sağlamak için atalet ateşleyicileri; imalat, montaj, taşıma, nakliye, kazara düşme, vb. sırasında meydana gelebilecek hızlanma olayları sırasında başlamamalıdır. Bu sebeplerden ötürü kazayla ve başlatma hızlanmalarını ayırt etme ihtiyacı, ateşleyicinin sadece silah sisteminden ateşleme sırasında başlatılmasına izin verebilen bir güvenlik sisteminin çalışmasını gerektirmektedir. Tasarlanan bu ateşleyici mekanizma istenilen emniyeti sağlamıştır [22].



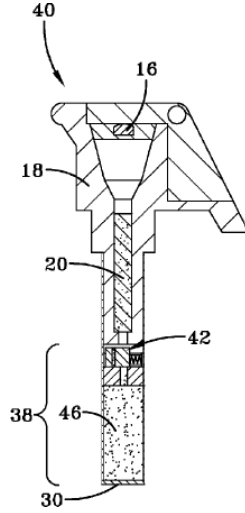
Şekil 1.15. Bataryalar için geliştirilen atalet ateşleyicisi [22]

M213 El bomba tapasındaki güvenlik problemlerini önlemek için çalışma yapılmıştır. Tapa iç gövde boşluğu ile dış gövde duvarı arasında bir çatlak veya gözeneklilik, sıcak gazların, kapsül tertibatının iç kısmı ile reaksiyonuna izin verebilmektedir. Ayrıca, ateşleme zincirinin bileşenleri arasındaki sızdırmazlık özelliğinin olmaması; patlayıcı veya piroteknik bileşenlerin bozulmasına, raf ömrünün kısılmasına ve cihazın güvenilir performansına bağlı olan kullanıcıyı tehlikeye sokmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, el bombası kabze düzeneğinin bilmeden serbest bırakılamaması, kullanıcıya kritik erken patlamalara karşı güvenlik sağlaması ve sızdırmazlık özelliği için Şekil 1.16’da gösterilen iki alternatif el bomba tapası geliştirilmiştir [23].



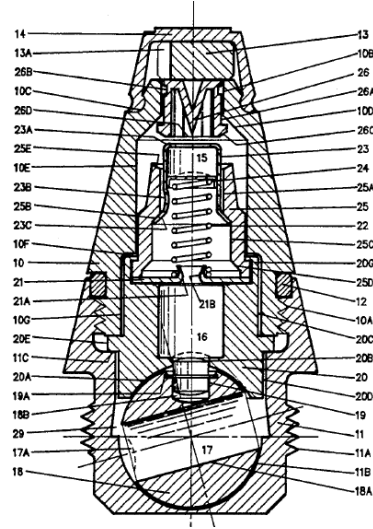
Şekil 1.16. Geliştirilen iki alternatif el bomba tapası [23]

Yaygın olarak kullanılan M67 el bomba tapası, duyarsız mühimmat (IM) gerekliliklerine uymamaktadır. Bu problemin en büyük nedeni, tapa içinde kullanılan C70 patlatıcısıdır. C70, RDX'in yanı sıra büyük miktarlarda kurşun bazlı birincil patlayıcılar (kurşun azid, kurşun stifnat) içermektedir. Bu sebeplerden Şekil 1.17'de gösterilen tapa tasarlanmıştır. Yeni tapa, IM güvenlik gereksinimlerini karşılarken mevcut tasarımın (M67) ölümcüllüğünü etkilememiştir. Primerin istemsizce çalışmasına neden olan herhangi bir uyarıcı (ateş gibi), tüm tapa zincirini başlatmaktadır. Yeni tasarlanan tapaya güvenlik mekanizması eklenmiştir. Bu mekanizma; rotor, birincil patlayıcı [(Siyanürik triaziddir. Triazid, bir karbon ve azot halkasına bağlı üç azid grubu içeren ve ağır metal içermeyen bir malzemedir. Testler, triazidin birincil patlayıcı gibi davrandığını ve bir patlayıcı zincirinin parçası olarak işlev gösterebildiğini göstermiştir.)], yay, Şekil Hafızalı Alaşım (SMA)'dan oluşmaktadır. Gecikme karışımının ateşlemesinden kaynaklanan ısı, SMA çekme şeritlerinin büzülmesine neden olmaktadır. SMA çekme şeritlerinin büzülmesi, yayın kuvvetinin üstesinden gelmekte ve rotor üzerindeki birincil patlayıcıyı, gecikme karışımı ve PBXN-5 patlayıcı ile hizalandığı bir konuma çekmektedir. Yeni geliştirilen tapa, patlayıcı zincirini kestiği için büyük öneme sahiptir [24].



Şekil 1.17. SMA çekme şeritli el bomba tapası [24]

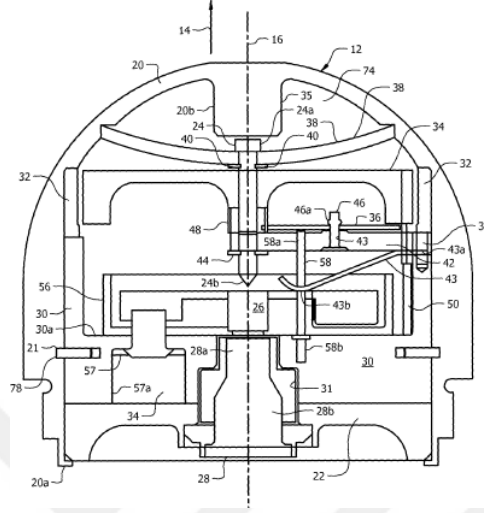
20 mm havadan havaya, havadan karaya ve karada kullanılan uçaksavar mühimmatları için Şekil 1.18’de gösterilen 20 mm mekanik çarpmalı tapa geliştirilmiştir. Geliştirilen bu tapa sadece namluda erken ateşlemeyi önlemeyip aynı zamanda silahın yakınında veya önünde dost kuvvetleri korumak için kurma gecikmesine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tapa; küresel rotor, yay-kapsül ikilisi, ateşleme iğnesi, ateşleme iğne kalkanından oluşmaktadır. Eksantrik ateşleme pimi kalkanı alüminyum alaşımından yapılmış, taban kısmı inceltilmiş ve uç kısımlarının ağırlığı arttırılmıştır. Ateşleme pimi kalkanı yüksek dönü ile birlikte deforme olmakta ve ateşleme iğnesi önündeki engeli kaldırmaktadır. Ateşleme pimi kalkanı yüksek dönüye ulaşınca kadar sistemi güvende tutmaktadır. Eksenden kaçık küresel rotor ve ateşleme pimi kalkanı vasıtasıyla namlu önü emniyeti sağlanmıştır ve mühimmat emniyet mesafesini geçtikten sonra hedefe çarptığında infilak gerçekleşmektedir. Ancak, mühimmatın hedefe çarpmadığı ve dönünün azalması (önceden belirlenmiş bir değer) ile birlikte; ateşleme iğnesi yayı, kapsülü ateşleme iğnesine çarptırmakta ve tapa, intiharlı olarak fonksiyon yapacak şekilde tasarlanmıştır [25].



Şekil 1.18. Yeni geliştirilen 20 mm mekanik çarpmalı tapa [25]

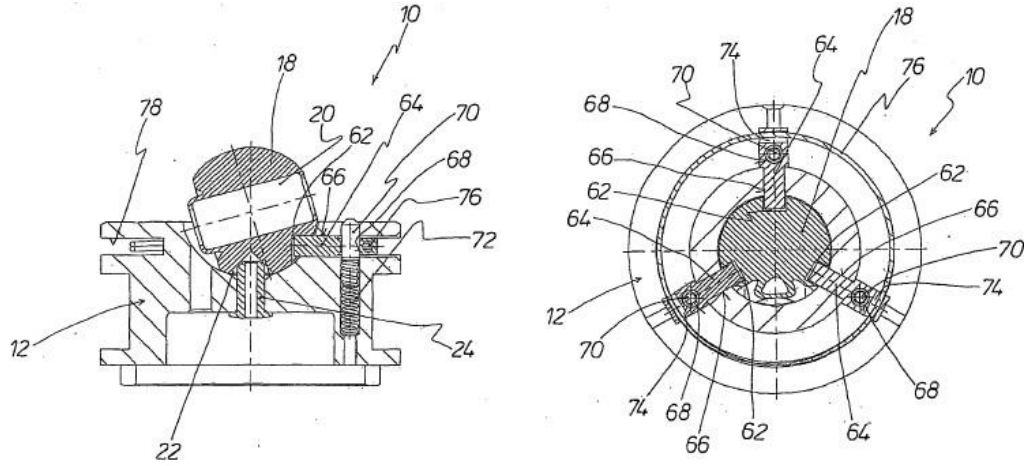
M550, M549 ve M549A gibi geleneksel mekanik tapalarda kullanılabilecek Şekil 1.19'da gösterilen mekanik güvenlik kurma mekanizması geliştirilmiştir. SAD'ın birincil bileşeni olarak bir "dönen" rotor kullanılmaktadır. Rotor, eksenden kaçık bir mil etrafında dönmektedir. Rotorun hızı, rotorun kinetik enerjisini sönümleyen mekanizmalarla yavaşlatılmaktadır. Bu mekanik sönümleyici klasik olarak pinyon dişli ve pandül mekanizmasından oluşmaktadır. Pinyon dişli ve pandül mekanizmasının olmadığı rotor sisteminde, rotor saniyenin binde biri (0,001 sn) gibi küçük bir sürede emniyetli durumdan emniyetsiz konuma geçmektedir. Kurma süresinin bu kadar kısa olmasının sebebi, rotor ve kapsülün kütlelerinden kaynaklanan merkezkaç kuvveti ve mekanik frenlemenin olmamasından kaynaklanmaktadır. 40 mm bir bombanın hızı göz önüne alındığında bir SAD'nin hedefi, silahtan çıktıktan sonra yaklaşık seksen feet (80 ft) bir kurma mesafesi sağlamak için, tapayı saniyenin onda biri (0,1 s) gibi bir süre içerisinde kurmaktır. Geliştirilen rotor; merminin, silahtan çıkıncaya kadar dönmesini önleyen en az iki bağımsız güvenlik cihazı tarafından, kurulu olmayan konumda kilitlenmektedir. Standart tapa güvenlik yönetmelikleri, tüm güvenli kurma mekanizmalarının, tapanın bir silahtan ateşleninceye kadar, kurulmayı önleyen en az iki güvenlik kilidine sahip olmasını gerektirdiğini anlatmaktadır. Bu emniyet kilitleri, merminin silahtan ateşlendikten sonra meydana gelebilecek "ortamlara" maruz kalana kadar emniyette kalmalıdır. İki emniyet kilidi, tapanın bağımsız ve farklı ortamlara tepki vermesini gerektirmektedir.

Bahsedilen ortamlardan ilki, 40 mm mühimmat için tipik olarak dakikada on iki bin devir (12.000 rpm) olan ve merkez hattın etrafında merminin hızlı dönüşü ile üretilen merkezkaç kuvvetidir. İkinci emniyet kilidi ise ataletsel gerileme pimi vasıtasıyla sağlanmaktadır [26].



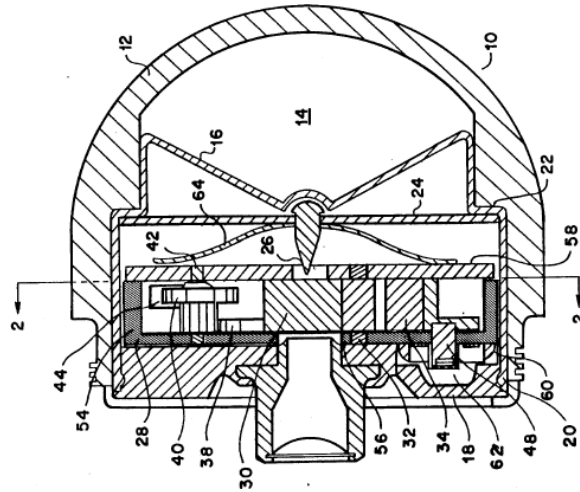
Şekil 1.19. Mekanik güvenlik kurma mekanizmalı 40 mm tapa [26]

Yapılan bu çalışma, küresel rotor bulunan tapalar için bir emniyet mekanizması geliştirilmesi ile ilgilidir. Geliştirilen bu mekanizma Şekil 1.20’de gösterilmiştir. Bu mekanizma; küresel rotor, rotorun dönmesini kısıtlayan emniyet yayı, merkezkaç pimleri, atalet pimleri ve atalet pimi yaylarından oluşmaktadır. Yeni geliştirilen mekanizma, rotorun, sadece fırlatma ivmesi ve spin ile indüklenen dönme ivmesi uygulandığında serbest bırakılması avantajına sahiptir. Bu, düşme testi gibi kısa süreli darbelerin kurulma için yeterli olmadığı ve dolayısıyla rotorun emniyette kaldığı anlamına gelmektedir. Geliştirilen mekanizma yüksek işlevsel güvenilirlik sağlamıştır [27].



Şekil 1.20. Emniyet mekanizması [27]

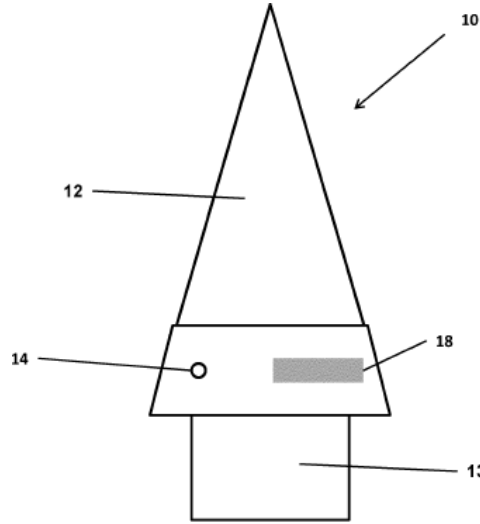
Şekil 1.21’de gösterilen hem düşük hızlı hem de yüksek hızlı bombaatar mühimmat tapalarında kullanılabilen, dönme duyarlı bir güvenlik ve kurma mekanizmasına sahip olan bir tapa geliştirilmiştir. Dönme duyarlı güvenlik ve kurma mekanizması, bombaatar mühimmatının çarptığı yüzeye göre eğilmekte ve bombaatar mühimmatını patlatmaktadır. Yeni geliştirilen tapa; sert, yumuşak ve eğik hedefe çarpması durumunda dahi mühimmatı patlatabilme avantajına sahiptir [28].



Şekil 1.21. Dönme duyarlı bir güvenlik ve kurma mekanizmalı 40 mm tapa [28]

Yapılan bu çalışmada, mühimmat tapasının durumunu izlemek için Şekil 1.22’de gösterilen cihaz geliştirilmiştir. Cihaz, güç kaynağında yeterli elektrik gücünün olup olmadığını ve/veya tapanın emniyetsiz, hazır durumda olup olmadığını göstermektedir. Görünür işaretleyici ve gösterge şeridi, tapanın üzerinde (mühimmata

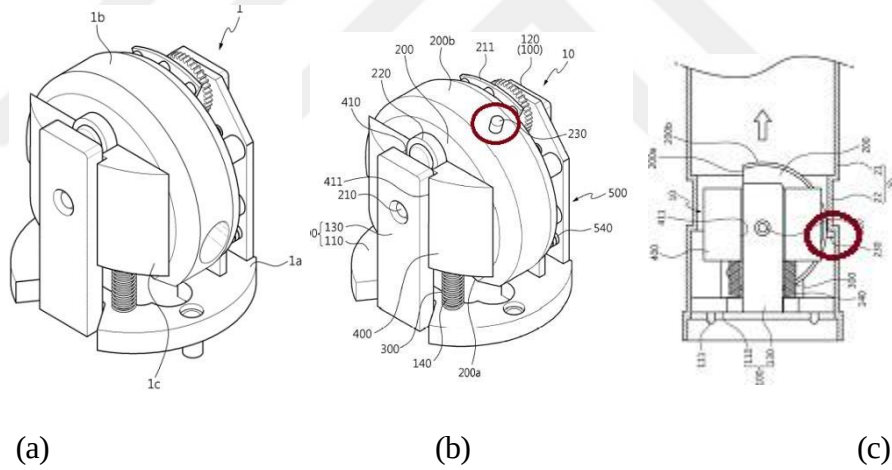
takıldıktan sonra görünür kısmı) bir gözlemci tarafından görülebilir olacak şekilde konumlandırılmıştır. Tipik olarak mühimmatta kullanılan bataryalar, tapa tarafından kontrol edilen mühimmatla ilişkili fırlatma ortamı tarafından etkinleştirilene kadar bir akım sağlamamaktadır, ancak örneğin bir mühimmatın düşürülmesi gibi çeşitli depolama ve taşıma koşullarının akım sağlamaya neden olabileceği bilinmektedir. Bataryanın istenmeden etkinleştirilmesi hem güvenlik hem de müteakip operasyonel etkinlik için endişe yaratmaktadır. NATO Standardizasyon Sözleşmesi (STANAG) 4187'de sağlanan güvenlik standartında, “Tapa sisteminin montaj sırasında, sonrasında ve tapayı bir mühimmata monte ederken aktif olmadığının doğrudan ve açık olarak görülmesi gerekmektedir” ibaresi geçmektedir. Mekanik tapalarda bu durum, görsel inceleme veya x-ray kontrolü gibi Tahribatsız Muayene (NDT) yöntemleri kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu sayede, tapaların emniyetli ya da emniyetsiz durumlarının (safe veya armed) belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu durum, elektronik olarak kontrol edilen sistemler için yapılamamaktadır. Çünkü emniyetli bir durum ile emniyetsiz bir durum arasında geçiş yaparken cihazda görsel bir değişiklik olmamaktadır. Bu durumun takibinin yapılabilmesi adına bu cihazda, elektrik enerjisinin tapa içindeki güç kaynağında bulunduğu veya pilin daha önceden aktive edildiğine dair bir işaret veren bir gösterge bulunmaktadır [29].



Şekil 1.22. Mühimmat tapasının durumunu izleme cihazı [29]

M423 ve M427 roket tapalarında yer alan güvenlik kurma mekanizmasının emniyetsiz bir şekilde tapaya montajını engellemek için çalışmalar yapılmıştır. GKM tapaya montaj edilmeden önce kurulma testinden geçmektedir. Bu testte güvenlik kurma

mekanizmasının çalışıp çalışmadığı kontrol edilmektedir. Bu testlerden sonra ise mekanizma emniyetli pozisyona getirilerek tapaya monte edilmektedir. GKM'nin emniyetsiz bir şekilde tapa gövdesine monte edilmesi durumunda güvenlik ve kurma mekanizmasının kazara patlama riski olmaktadır. Çünkü patlayıcı zinciri hizalanmıştır. Bu durum, yaşam kaybına veya büyük fiziksel hasarlara neden olabilecek bir sorundur. Bu sorunla karşılaşmamak için bütün tapalar x-ray kontrolünden geçmektedir. Bu dezavantajların üstesinden gelebilmek için, Şekil 1.23'te gösterilen rotor üzerine kilitleme pimi eklenmiş, tapa gövdesi üzerine de güvenlik kurma mekanizmasının emniyetsiz şekilde monte edilmesini engellemek (kilitleme piminin takılması) için kademe yapılmıştır. Bu çalışma sayesinde güvenlik kurma mekanizmasının emniyetsiz (kurulu) durumda tapaya montajı önlenmekte, böylece taşıma işlemleri sırasındaki patlama olasılığı önlenmekte ve montaj güvenliği büyük ölçüde arttırılmaktadır. Ek olarak bu iyileştirme, tapanın muayene süresini kısaltma etkisine sahiptir ve tapanın montajından sonra denetim sürecinden (x-ray) geçmesi gerekmediğinden, kalite kontrolü büyük ölçüde kolaylaştırmıştır [30].



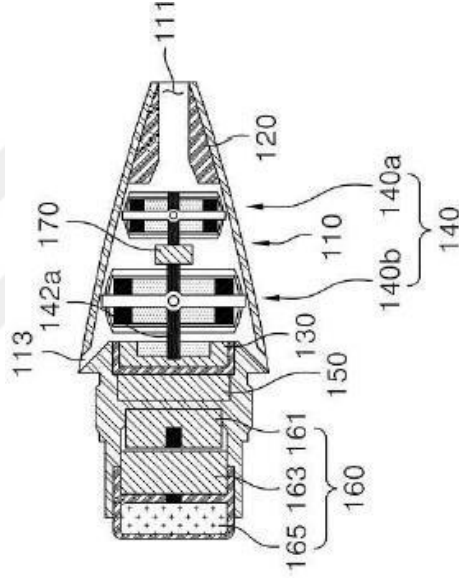
Şekil 1.23. Mevcut gkm (a), rotor üzerine kilitleme pimi eklenmiş gkm (b), kademeli tapa gövde (c) [30]

Tetik sistemi için Şekil 1.24'te gösterilen tapa, penetrasyon ve frenleme durumlarına göre en iyi ateşleme işlemini gerçekleştirebilen akıllı bir tetikleme sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Merminin nüfuz etme kabiliyetini arttırmak için bir sınır bulunmaktadır ve eğer hedef tank, büyük gemi gövdesi gibi yüksek koruma kabiliyetine sahipse, mermi bütünlüğünü koruyamadan parçalanmaktadır. Böylece etkili darbe verilememektedir. Böyle hedeflerde merminin hedefe temas eder etmez patlaması

Şekil 1.24. Değişken ateşleme süresine sahip tapa [31]

24

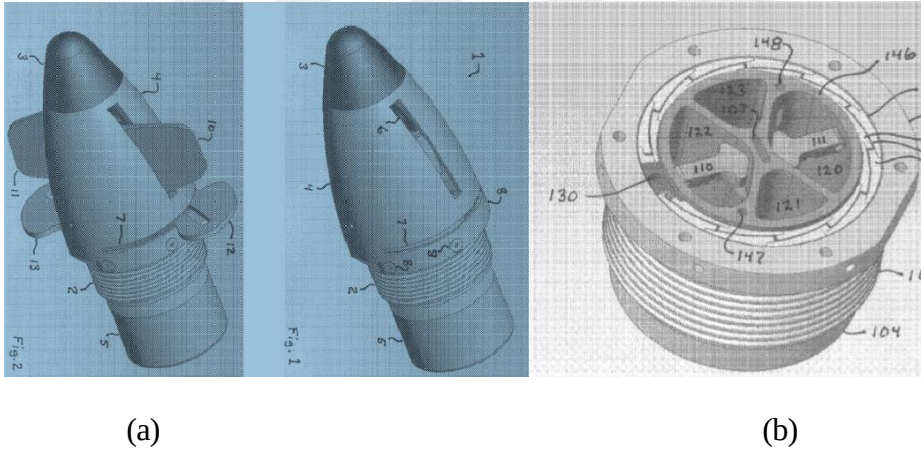
ayarlamak), verilen havayı kullanarak döndürmek ve dönme mili çubuğunun ayarına göre jiroskop efekt oluşturmak için kullanılan bir milden ve jiroskop elemanı vasıtasıyla kontrol elemanına üretilen dönme kuvveti yoluyla güç üreten elemanlardan oluşmaktadır. Geleneksel kanard yönteminde olduğu gibi mühimmatın dışına çıkan bir yapı bulunmamaktadır. Sürüklemenin yanı sıra, tapanın burun kısmı yörüngeyi istenen yönde etkili bir şekilde değiştirebilmektedir. Jiroskop elemanı (yön ölçümü veya ayarlamasında kullanılan, açısal dengenin korunması ilkesiyle çalışan, kendi ekseninde dönerken hareket ettirilse dahi, dönüş ekseninden ve doğrultusundan çıkmadan dönüşünü sürdürebilen alet) cayro etkisine karşılık gelen kuvveti yani balistik düzeltmeyi daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilmektedir [32].



Şekil 1.25. Burundan hava ile yörünge düzeltmeli tapa [32]

Topçu mühimmatlarında hedefleme doğruluğunu arttırmak için mermi uçuşu sırasında hava freni kanatçıklarının ve spin kontrol kanatlarının bilgisayar kontrolü altında yerleştirilebileceği ve geri çekilebileceği mekanizmalarda kullanılan elektronik ve aktüatör motorlarının kullanımı için yeterli güce izin veren Şekil 1.26. (b)'de gösterilen yenilikçi bir yakıt hücresi modülü geliştirilmiştir. Rota düzeltmelerini belirlemek ve hava freni kanatçıklarını ve spin kontrol kanatlarını, hedefi vurmak üzere ayarlamak için Global Konumlandırma Sistemi'nden (GPS) yararlanılmaktadır. Bu çalışmada genel batarya paketlerinin yerini alan ve tapa tasarımını basitleştiren ve böylece güvenilirliğini arttıran benzersiz bir yakıt hücresi, güç kaynağı sağlanmaktadır. Bu yakıt hücresi, uzun depolama süreleri boyunca tapanın uykuda

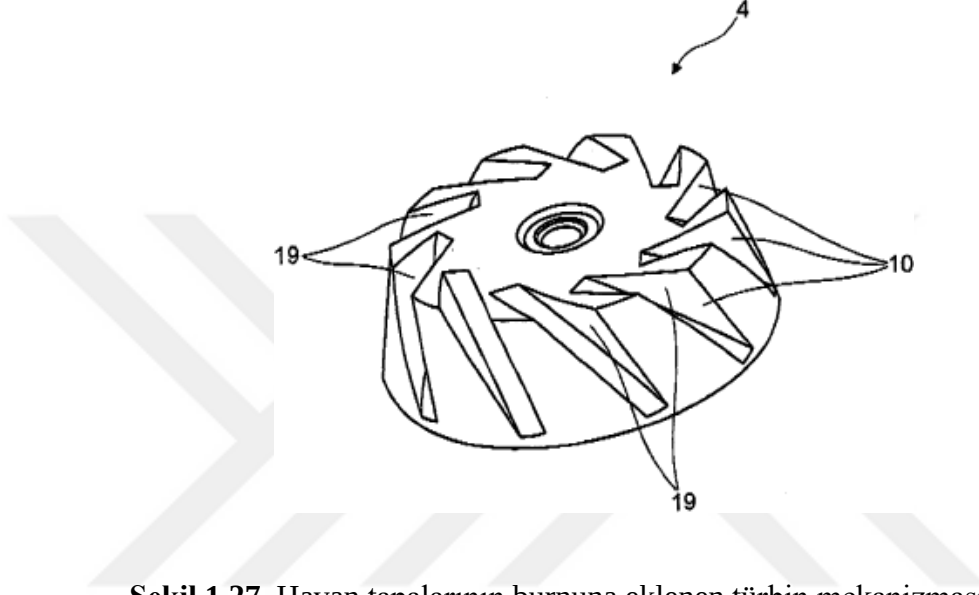
kalmasına izin verirken aynı zamanda yakıt hücresinin atış sırasında silah namlusunda hızlı bir şekilde aktive olmasına da izin veren benzersiz bir yakıt hücresi aktivasyon mekanizması sağlamaktadır. Yakıt hücresi basınç altında oksijen gazı ve hidrojen gazı ile doldurulmaktadır. Yakıt hücresi aktive edildiğinde, oksijen gazı ve hidrojen gazı açılan boşluklardan reaksiyon odasına akmaktadır. Reaksiyon bölmesi, iç duvar ile dış duvar arasında oluşturulan toroidal bir hacimden oluşmaktadır. Oksijen ve hidrojen gazının reaksiyon bölgesinde toplanmasını sağlayan delikler, iki adet uçları sivri mandallar ile oluşturulmaktadır. Bu mandallar, topçu mermisi ateşlendiğinde 20.000 G ivmelenme ve 18.000 rpm'lik merkezkaç kuvveti ile ince metal duvarları delip geçerek, oksijen ve hidrojenin elektrik üretmek için reaksiyon odasına girmesine izin vermektedir. Topçu mermisi ateşleninceye kadar gazları ayrı tutmak için yapılan bu düzenleme, kullanılmadığı durumlarda zaman içinde yavaş yavaş bozulan geleneksel pillerin aksine, tapanın performans kapasitesinde bozulma olmadan uzun süre depolanmasını sağlamaktadır [33].



Şekil 1.26. Yörünge düzeltmeli tapa (a), yakıt hücresi modülü (b) [33]

Yapılan bu çalışma, özel bir tasarıma sahip olan ve bu nedenle aerodinamik olarak optimize edilen ve merminin genel aerodinamiği üzerinde en az etkiye sahip olan bir tapanın işlevini yürütmeye hizmet eden bir rüzgâr türbini tasarımını açıklamaktadır. Kuyruk dengeli havan mühimmatlarında ikincil bir emniyet veya enerji temini için bu çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, tapanın burun kısmına rüzgâr türbini görevini üstlenecek Şekil 1.27'de gösterilen türbin mekanizması eklenmiştir. Rüzgâr türbininin uçuş yolu etkilerinden olabildiğince serbest olması veya çalışma sırasında istenen bir yörünge üzerinde hiçbir etki göstermemesi amaçlanmıştır. Bu yapı, tapanın güvenlik ve kurma mekanizmasını tetiklemekte veya elektrikli ateşleyici için gerekli enerjiyi

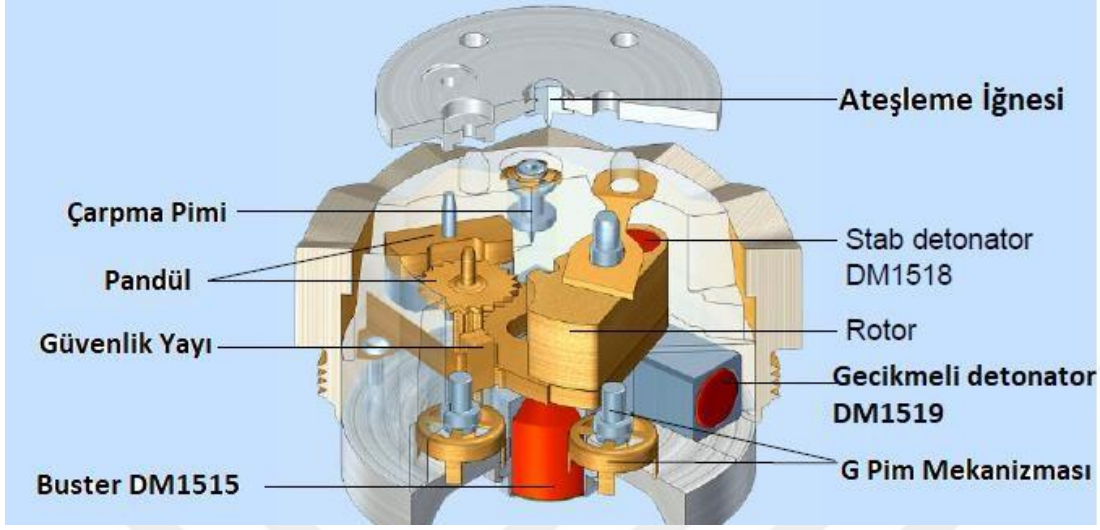
sağlamaktadır. Rüzgâr türbini üzerindeki kanallar, gelen havayı yönlendirecek şekilde tasarlanmıştır. Mühimmat atıldıktan sonra ulaşacağı hızın bir doygunluğu bulunmaktadır. Bu yüzden havadan kaynaklı enerji azalması mühimmat ile sınırlı kalmaktadır. Enerji kaybı, merminin menzili ve doğruluğu azalmaktadır. Ancak yeni geliştirilen bu yapı, mermilerin yanal sapmasını azaltmış ve tapaya ikincil bir emniyet kazandırmıştır [34].



Şekil 1.27. Havan tapalarının burnuna eklenen türbin mekanizması [34]

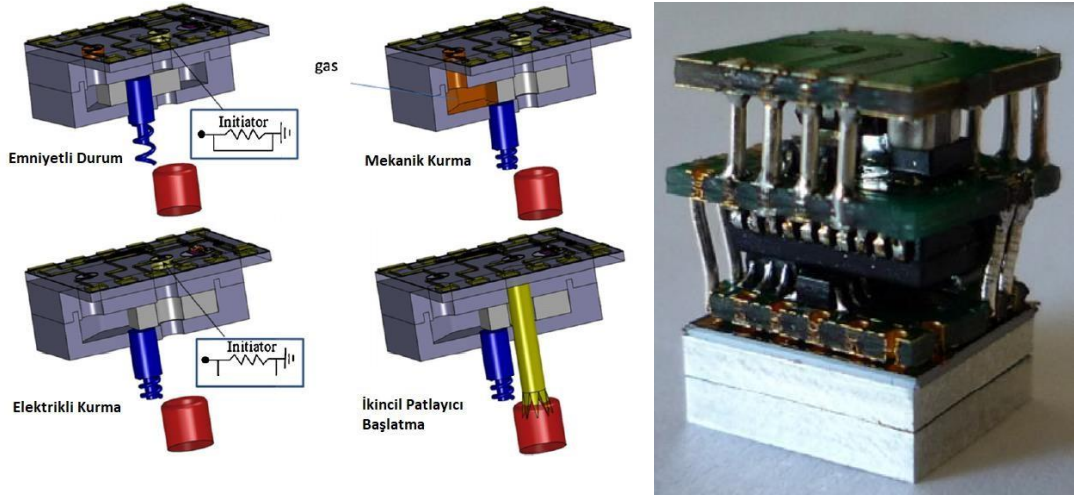
Yapılan diğer bir çalışma, yüksek patlamama oranı ile mevcut M549 PD tapasının yerine intihar özelliği olan yeni bir tapa tasarlanması girişimi ile başlatılmıştır. Bu kapsamda M549'un yüksek potansiyel ile çalışan dişli mekanizması kullanılmıştır. Buna ek genel güvenilirliğini arttırmak ve patlamamış mühimmat sayısını azaltmak için piroteknik intihar (SD) fonksiyonu eklenerek Şekil 1.28'de gösterilen PDSD DM431 tapası geliştirilmiştir. Bu tapa 40 x 53HE-PFF, 40 x 53 HEDP yüksek hızlı mühimmatlarında kullanılmaktadır. Tapa geliştirilirken mevcut M549 tapasının dış formu ve vida ara yüzünde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Tapanın başlıca teknik özellikleri şu şekildedir: Namlu önü emniyet mesafesi 18 metre, kurulma ivmesi 22.500 G, kurulma devri 6.000 RPM, intihar zamanı > 14 saniyedir. Ayrıca, montaj sırasındaki yağlama metodu (sıvı yağlamadan kuru yağlama modeline geçilmiştir) değiştirilmiştir. Rotor hareketi geliştirilmiş, ikinci bir güvenlik pimi ve atalet pimi eklenmiş, rotor kurulduktan sonra kilitleme işlemi yeniden tasarlanmış ve pandül

ağırlığı değiştirilerek tapa daha emniyetli hale getirilmiştir. Tapa, en yüksek güvenilirlik standartlarına (>98%) çıkarılmıştır [35].



Şekil 1.28. PDS D DM431 tapası [35]

Yapılan bu çalışmada, MEMS teknolojisi ve mikro piroteknik kullanılarak Şekil 1.29'da gösterilen güvenlik kurma ve fonksiyon (SAF) mekanizması tasarlanmıştır. Bir SAF cihazı, başlatıcıyı güvende tutmak, kurmak ve mühimmatı başlatmak için gerekli patlayıcıyı içermektedir. SAF MEMS üç tabakadan oluşmaktadır. Alt tabakada, mekanik kurma mekanizması bulunmaktadır. Ara katman, elektriksel kurma ve çözme işlevlerini gerçekleştirmek için entegre elektrik dirençleri ve mikro anahtarlar olan Si bazlı güvenli başlatıcı adı verilen bir silikon çipten oluşmaktadır. Üst, daha kalın katman, süper kapasiteden birini birleştiren elektronik ve güç kaynağından oluşmaktadır. Bu mekanizma mühimmatın ateşlenmesiyle birlikte geri atalet kuvvetleri, alt katmanın atalet pimini geriye doğru hareket ettirmekte ve bu hareketten sonra mikro-kontrolör, mikro-aktüatör direncine 53 mA'lık bir akım göndererek mikro-aktüatör boşluğunda bulunan enerjik malzemeyi tutuşturur. Bu sırada gaz jeneratörü enerjik malzemesi 225 °C'ye ulaştığında, boşluktaki basınç 6×10^5 Pa'ya kadar artmakta ve SAF cihazını kurmak için mandalı yaklaşık 1,41 mm hareket ettirerek mekanizmayı kurmaktadır. Bu mekanizma hafiflik, güvenlik ve boyut anlamında büyük avantaj sağlamıştır [36].



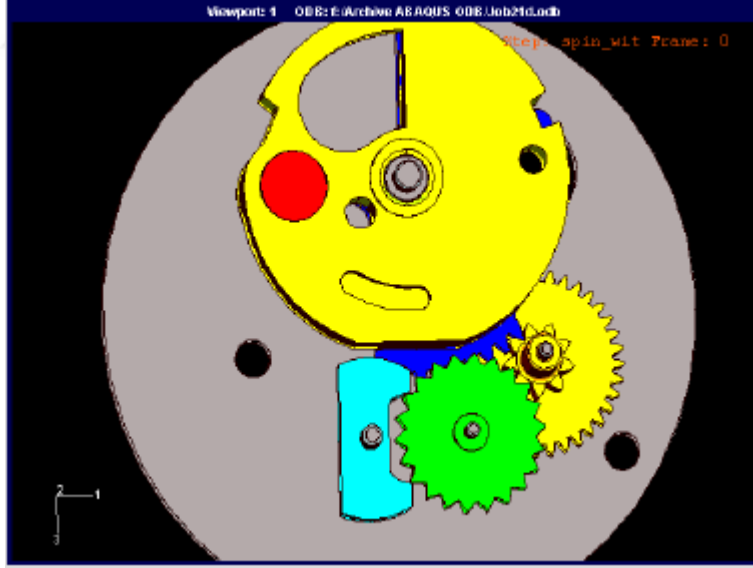
Şekil 1.29. MEMS güvenlik kurma ve fonksiyon mekanizması [36]

Yapılan bu çalışmada, M731A1 topçu tapasının güvenlik ve kurma mekanizmasında bulunan rotor ve pandül aksamaları üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır ve bu değişikliklerin namı önü emniyet mesafelerine olan etkileri incelenmiştir. Çalışma iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci çalışmada Şekil 1.30 (a)'da gösterilen çinko dökümden üretilen rotor yerine alüminyum rotor kullanılmıştır. Bu sayede alüminyum rotorun kütlesi (1,73 gr.) çinko rotora (3,95 gr.) göre 56% azalmıştır. Buna bağlı olarak alüminyum rotor kullanılan GKM'nin kurulma süresi çinko rotora göre 32% artmıştır. İkinci çalışmada ise Şekil 1.30 (b)'de gösterilen pirinç malzemeden üretilen pandülün ağırlığı, üzerine ek pimler eklenerek 61% oranında arttırılmış ve buna bağlı olarak da GKM'nin kurulma süresi 40% arttırılmıştır. Kurulma mesafeleri modifiyesiz standart rotor ve pandül birlikte kullanıldığında 250 feet, alüminyum rotor ve ağırlığı arttırılmış pandül birlikte kullanıldığında ise 463 feet olarak ölçülmüştür Ayrıca bu iki çalışma birleştirilerek alüminyum rotor ve ağırlığı arttırılmış pandül birlikte kullanılmış ve GKM'nin kurulma mesafesinin 85% arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı gibi pandülün ağırlığı ile kurulma süresinin doğru, rotor ağırlığı ile kurulma süresinin ters orantılı ilişkisi ortaya çıkarılmıştır [37].



Şekil 1.30. Modifiyeli-modifiyesiz rotor (a) ve pandül (b) [37]

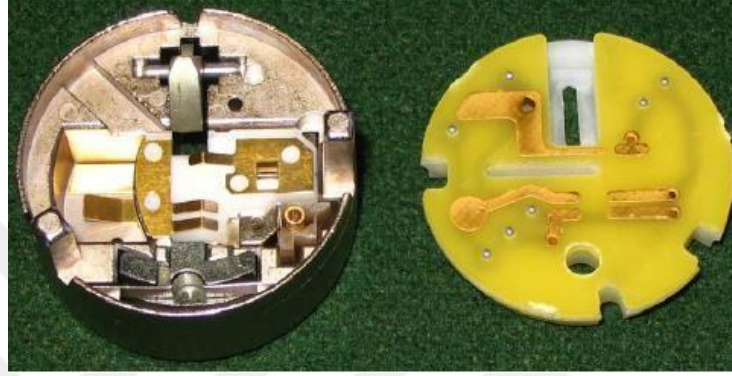
Yapılan bu çalışmada, tapanın 250 feet olan kurulma mesafesinin en az 400 feet olabilmesi için güvenlik ve kurma mekanizmasında yer alan bileşenler üzerinde değişiklik yapılması amaçlanmıştır. Yapılabilecek değişiklikler şunlardır: Farklı bir güvenlik kurma mekanizması tasarlamak ve dişli sayısını arttırmak, dişli üzerindeki diş sayısını arttırmak, pandül-hareket çarkı etkileşimi üzerinde değişiklik yapmak, rotor ve pandül ağırlığını değiştirmektir. Kurulma mesafesini arttırmak için alüminyum rotor ve çift kalınlıkta pandül birlikte kullanılmıştır. Çalışmalarda GKM'nin kurulma süresi; devir testi, dinamik analiz ve Şekil 1.31'de gösterilen abaqus analiz yöntemleriyle ölçülmüştür [38].



Şekil 1.31. GKM'nin davranışının analiz metodlarıyla ölçülmesi [38]

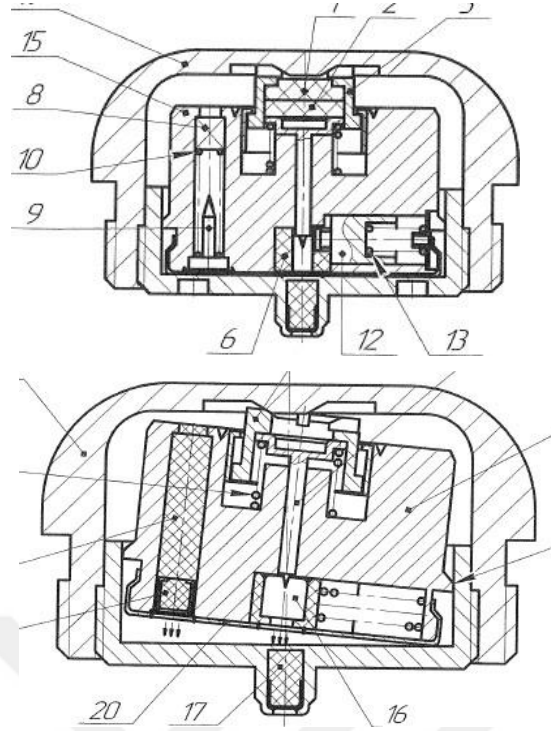
155 mm topçu mühimmatlarına XM1156 hassas güdüm kiti (HGK) içerisinde kullanılmak üzere Şekil 1.32'de gösterilen M767A1 güvenlik kurma mekanizması geliştirilmiştir. Bu güvenlik kurma mekanizması, mikro elektromekanik sistem olarak

geliştirilmiştir. Güvenlik kurma mekanizmasında atalet ve merkezkaç emniyet bulunmaktadır. Bu kapsamda MEMS GKM üretilmiş, patlayıcı zinciri, g ve devir testleri yapılmıştır. 40 adet GKM ile yapılan zincir testlerinin tamamının fonksiyon gösterdiği ve bu mekanizmanın yüksek ve düşük barut haklı mühimmatlarda kullanılmasının uygun olduğu yapılan atışlı testlerde görülmüştür. Bu güvenlik kurma mekanizmalarının kurulma özelliği kumanda edilebilir olarak geliştirilmiş olup, mikro ölçekli ateşleme sistemi ile hacimsel olarak 95% yer tasarrufu sağlamıştır [39].



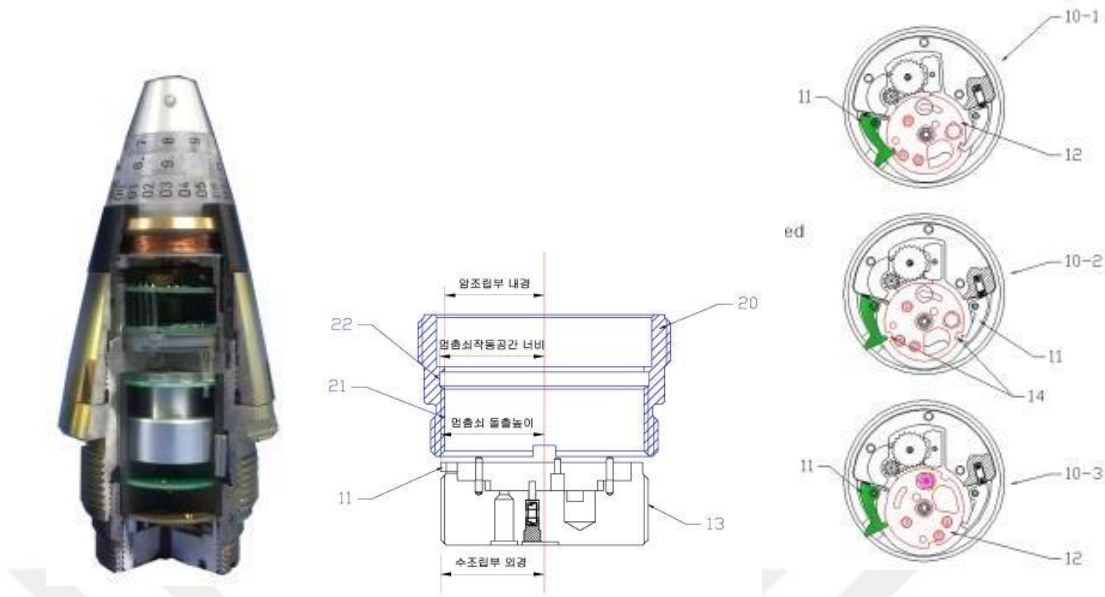
Şekil 1.32. M767A1 MEMS GKM [39]

Yapılan bu çalışma, “yumuşak” engel üzerinde (ıslak toprak, su v.b.) çalışan oldukça hassas bir reaksiyon vurma mekanizması içeren tapa ile ilgilidir. Şekil 1.33’te gösterilen bu tapa, her türlü engel üzerindeki darbe hareketi güvenilirliğinde eşzamanlı artışla birlikte, boyutunun küçültülmesi avantajına da sahiptir. Tapa; piroteknik intihar mekanizması, mühimmatın çarptığı açıya göre dönebilen çarpma flanş mekanizması, rotor ve santrifüj emniyet mekanizmasına sahiptir. Yapılan tasarımda mühimmat ateşlendiğinde piroteknik gecikmeyi sağlayan ecza, iğne tarafından aktif edilmektedir. Ecza yanarken tapanın burun kısmında bulunan ateşleme iğne tertibatının uç kısmı erimekte, ateşleme iğnesi bir miktar yukarı doğru hareket etmekte ve yay tarafından sıkışmış haldeki rotoru serbest bırakmaktadır. Rotor üzerindeki kapsül ateşleme iğnesi ile aynı hizaya gelmektedir. Mühimmat hedefe çarptığında rotor ateşleme iğnesine doğru hareket etmekte ve infilak gerçekleşmektedir. Eğer hedefe çarpmada yeterli atalet sağlanamazsa piroteknik eczanın yanması sona erince; rotor, ateşleme iğnesine doğru hareket ederek intiharlı patlama gerçekleşecek şekilde tasarım yapılmıştır. Bu tapa, hem sert hem de yumuşak engeller üzerindeki şok hareketinin güvenilirliğini arttırırken, aynı zamanda geniş bir görüş açısı aralığında çalışması ve küçük boyutu ile avantaj sağladığı görülmüştür [40].



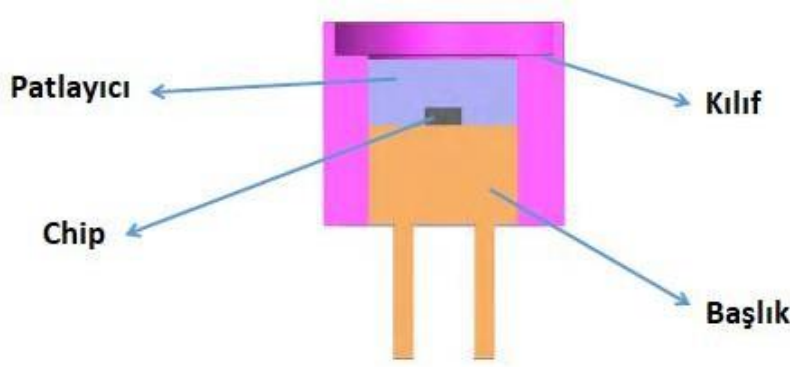
Şekil 1.33. Dönebilen çarpma flanş mekanizmasına sahip tapa [40]

Topçu mühimmat tapasında kullanılan, Şekil 1.34'te gösterilen güvenlik kurma mekanizmasının emniyetsiz bir şekilde tapaya montajını önlemek için mandal ve GKM gövde üzerinde bazı iyileştirmeler yapılmıştır. Bu güvenlik kurma mekanizmasında rotorun dönmesini engelleyen mandal bulunmaktadır. Bu mandal, mühimmatın dönmesiyle oluşan merkezkaç kuvvetiyle açılarak rotoru serbest bırakmaktadır. Rotor güvenli konumdayken üzerinde mandalın gireceği bir kanal bulunmaktadır. Montaj sırasında mandal bu kanalda bulunmak zorundadır. Aksi takdirde mandalın yapısından dolayı montaj yapılamamaktadır. Bu çalışma sayesinde güvenlik kurma mekanizmasının emniyetsiz (kurulu) durumda tapaya montajı önlenmekte, böylece taşıma işlemleri sırasındaki patlama olasılığı önlenmekte ve montaj güvenliği büyük ölçüde arttırılmaktadır [41].



Şekil 1.34. GKM'nin güvenli olarak montajı için yapılan değişiklikler [41]

Yapılan çalışma patlayıcı zincirinin başlangıç elemanı olarak kullanılan, Şekil 1.35'te gösterilen elektrikli başlatıcı ile ilgilidir. Klasik teknoloji elektrikli başlatıcıda köprü teli kullanılmaktadır. Bu düşük maliyetli başlatıcılar uzun yıllardan beri üretilmektedir. Köprü teli başlatıcılarının birçok tipi ve boyutu bulunmaktadır. Ancak bu ürünlerin dezavantajları bulunmaktadır. Düşük enerjili başlatıcılar elde etmek için ultra ince (< 10 mikron) köprü teli kullanılmalıdır, ancak bu tel ile ilgili kaynak işlemi ve direnç değerinin kontrolü zor olmaktadır. Ayrıca bu yapı yüksek şok, titreşim ve dönü uygulamaları için uygun değildir. Ancak yeni tasarlanan elektrikli başlatıcı, ince film çipinden elde edilen elektro termal ısı kullanılarak enerjik patlayıcı karışımın başlatılmasını sağlamaktadır. Bu yeni yapının avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajları; düşük ateşleme enerjisi, düşük ateşleme süresi, yüksek ateşleme oranı, kolay üretim, neredeyse sabit direnç değeri, zor çevre koşullarına karşı dayanıklı, yüksek hız ve dönü hızları için uygun olmasıdır. Dezavantajları ise; maliyet, ESD filtreleri gereksinimi, lehimleme veya yapıştırma için özel başlıklara ihtiyaç duyulmasıdır. Çok hızlı aktif olabilen ve düşük enerji gerektiren gelişmiş elektrikli başlatıcı, çeşitli akıllı mühimmat tapalarında kullanılmak üzere tasarım ve performans gereksinimlerini karşılamıştır [42].

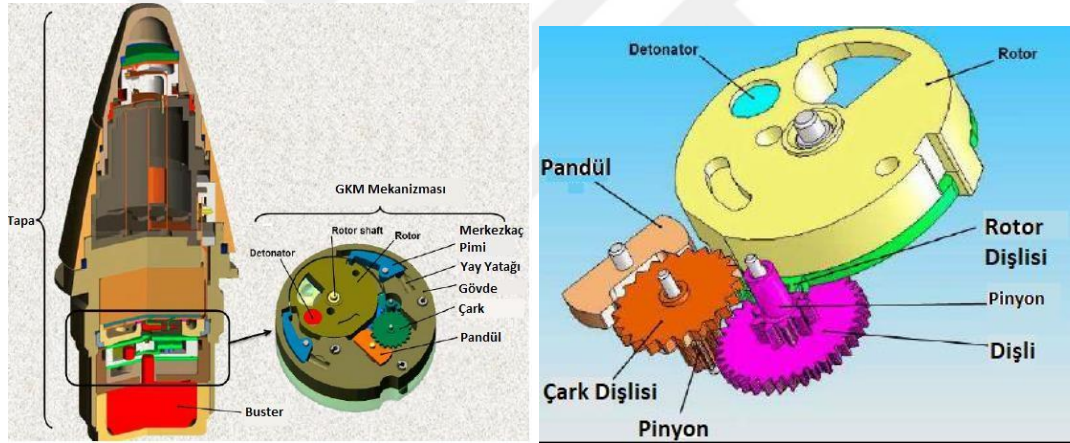


Şekil 1.35. Düşük enerjili başlatıcı geliştirilmesi [42]

FMU-139 Elektro-mekanik tapa tek başına çok yüksek bir güvenilirliğe sahiptir. Güvenlik gereklilikleri tarafından empoze edilen yardımcı bileşenlerin dâhil edilmesi, güvenilirlikte değişkenlik yaratmaktadır. Bu bileşenler yanlış montaj ve mekanik arıza olasılığının artması nedeniyle güvenilirliği azaltmaktadır. Sonuç olarak, hava mürettebatı ve uçaklar zarar görene ve kokpitten yüksek dereceli bir patlamanın olması gereken yerde bir toz bulutu görülene kadar bir arıza bilinmemektedir. Bu nedenle, mevcut tapa envanterinin güvenlik ve güvenilirliği ele alınmalıdır. Çünkü mevcut tapa envanteri ile artan güvenilirlik için temel bir gereklilik bulunmaktadır. Bu sebepten hassas güdümlü mühimmatlarda kullanılan genel amaçlı (GP) bomba gövdeleri için daha yüksek bir güvenilirlik elde etmeye çalışan daha güvenilir bir tapa sistemi olan yüksek güvenilirlik tapa sistemi (HİREL) kavramı değerlendirilmiştir. HİREL tapa sisteminin tasarım özellikleri çok güvenilir electronic safe, arm devices (ESAD) teknolojisi üzerine kurulmuştur. Ayrıca tapa, mühimmatı başlatmak için düşük enerji patlayan folyo başlatıcı (LEEFI) içerdiğinden çok duyarsızdır. HİREL tapa sisteminin amacı bir silah sistemine entegre olmak ve sonuçta bir bütün olarak silah sistemine daha yüksek bir güvenilirlik sağlamaktır. HİREL tapa sistemi için önerilen konsept, çeşitli eylemlerle güvenilirliği artırmayı amaçlamaktadır. Yeni hirel tapa sistemi, mevcut MIL-STD-1760 silah arayüzü veya yeni bağlantısı üzerinden uçakla yalnızca tek bir arayüz gerektirecek ve MK-122 emniyet anahtarı ve FZU-48 gibi yardımcı bileşenlere olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Böylece bağlantı sayısını sınırlandıracak ve bu da güvenilirliği artırmakla birlikte montajı da basitleştirecektir. MK-122 güvenlik kurma anahtarı, FZU-48 bomba tapa başlatıcı, kablolama ve

bağlantılar sadece arıza olasılığını arttırmakta ve herhangi bir parçanın işlevselliği, kurulumdan önce veya sonra doğrulanamamaktadır. Tamamen elektronik tapa sistemi, elektro-mekanik tapaya kıyasla, üretimdeki arızaları fabrikada test edebilme özelliğini barındırmaktadır. Ayrıca HİREL tapa sisteminden gelen arıza geri bildirimi, patlamamış mühimmatları (UXO) ortadan kaldırarak, sistem için güvenilirliği arttırmıştır [43].

Bu çalışmada, Abaqus kullanılarak, Şekil 1.36’da gösterilen S&A mekanizmasının karmaşık katı çok gövdeli dinamikleri modellenmiş ve erken tasarım ve geliştirme aşamasında çeşitli potansiyel tasarım sorunları incelenmiştir. S&A mekanizmasının Abaqus/Standard simülasyonları, tapanın çalışması hakkında değerli bir fikir sağlamıştır. Ayrıca üretim ve fiziksel test öncesinde tasarımın olası zayıflıkları ortaya çıkarılmıştır [44].



Şekil 1.36. S&A mekanizmasının abaqus/standard simülasyonları [44]

Yapılan bu araştırma, metalize polimer kürelere dayalı izotropik iletken yapıştırıcının, bir tapa uygulamasında bir MEMS cihazının doğrudan çipten karta ara bağlantısı için uygun olabileceğini göstermektedir. Böyle bir paketleme konseptinin uygulanmasıyla daha yüksek bir paketleme yoğunluğu ve daha düşük maliyet elde edilmektedir. Elektriksel iletken dolgu malzemesi olarak metalize polimer küreler ile izotropik iletken yapıştırıcı, orta kalibreli mühimmat tapaları gibi zorlu ortam uygulamaları için uygun bir ara bağlantı teknolojisi olarak yetenek göstermektedir. Gerçekleştirilen yüksek oranda hızlandırılmış termal döngü testleri ve gerçekçi ateşleme testleri, kayda değer bir kesme mukavemeti bozulması ve elektriksel temas dirençlerinde kabul

edilebilir değişiklikler olmaksızın izotropik iletken yapıştırıcıların (ICA) mükemmel performansını göstermektedir [45].

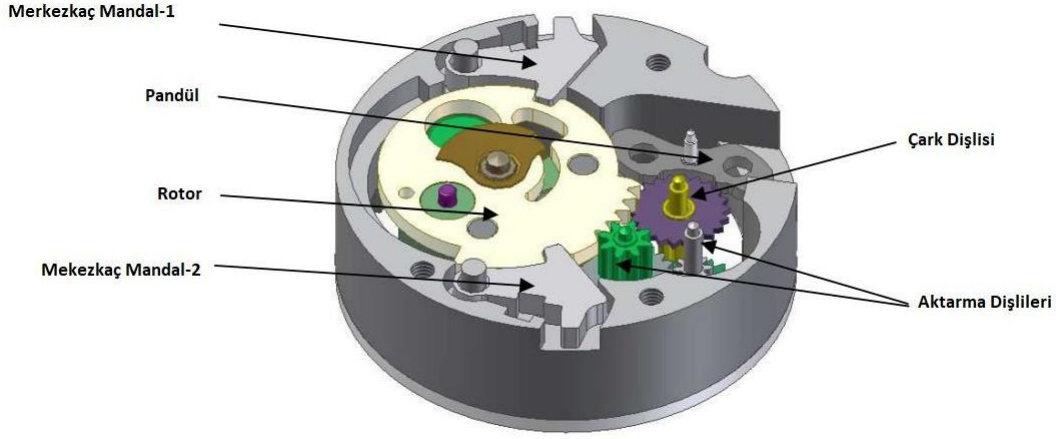
Tapaların raf ömrünü belirlemek için çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda MTSQ KM577A1 tapasının mühimmat stoku güvenilirlik programı (ASRP) verilerinden, bu tapanın raf ömrünü belirlemek için uzun yıllar çalışmalar yapılmıştır. Bu süre zarfında tapa test verileri ASRP'den toplanmıştır. Raf ömrünü belirlemek için çalışma süresi ve arıza verilerinin güvenilirlik puanı kullanılmıştır. KM577A1 tapasının arıza modları; kör gitme, ters fonksiyon ve mekanik zaman fonksiyon (amaçlanan zamanda çalışmama) olarak belirlenmiştir. KM577A1 tapasındaki kimyasal bileşenlerin bozunması, güvenilirlik için önemli bir faktör olduğu ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak KM577A1 tapasının raf ömrü 18,2 yıl olarak belirlenmiştir. Dünyada üretilen benzer topçu tapalarının benzer raf ömrüne sahip olduğu bu çalışma neticesinde ortaya çıkarılmıştır [46].

Yapılan bu çalışma, kalite iyileştirme yoluyla 40 mm K200 bombaatar mühimmat tapalarının atışlı kullanımı sırasında patlamama oranını düşürmeye yöneliktir. Son zamanlarda, atış sırasında 40 mm'lik bombaatar mühimmat arızaları bildirilmiştir. Atışlı testlerde 72 adet numuneden 11 adet patlamayan tapa ile karşılaşmıştır. Patlamayan tapa oranı yaklaşık 15%'tir. Mühimmat ve tapa üretildikten sonra uzun süre kullanıldığından, uzun süreli depolama sonrasında performansının sağlanması gerekmektedir. İlk olarak, tapa performans testi yapılarak tapanın yaşlanma özelliğinden dolayı bozulmasından kaynaklı anormal patlamaların meydana geldiği belirlenmiştir. İkinci olarak, 40 mm'lik bombaatar tapasının kalitesini iyileştirme yoluna gidilmiştir. Üçüncü olarak da yaşam ömrünü belirlemek için raf ömrü test edilmiştir. Bu çalışmalarda Arrhenius denklemi kullanılmıştır. Bu çalışmaların neticesinde 40 mm'lik bombaatar mühimmat tapasının raf ömrü, mevcut bombaatar mühimmat tapası için 6,5 yıl, iyileştirme yapılmış bombaatar mühimmat tapası için 45,5 yıl olarak belirlenmiştir. Bu durum, iyileştirme yapılmış bombaatar mühimmatının raf ömrünün yaklaşık 7 kat arttığını göstermektedir. Bu nedenle, iyileştirilmiş 40 mm bombaatar tapasının, uzun süreli depolama sonrasında kullanımı ile patlamayan mühimmat oranı azalacaktır [47].

40 mm bombaatar tapaları birçok parçadan oluşmaktadır. Tapayı oluşturan bu parçaların ölçüsel ve görsel kontrolleri yapılırken özellikle gözle yapılan kontroller sırasında insan hatası meydana gelebilmektedir. Yapılan bu çalışma, kontrol sırasında

insan hatasını önlemek için otomatik bir mühimmat test algoritması önermektedir. Otomatik tapa test algoritması üç adımda uygulanmaktadır. İlk olarak, görüntü girişi ve ön işleme adımı uygulanmaktadır. Bu adım, bir görüntü döndürme algoritması kullanılarak bir inceleme görüntüsünün döndürüldüğü ve görüntünün ikili görüntüye dönüştürüldüğü adımdır. İkinci olarak, devreye almanın denetim aşaması uygulanmaktadır. Tapanın şablon eşleştirme algoritması kullanılarak etkinleştirilip etkinleştirilmediğini belirlemektedir. Üçüncü olarak ise parçaların inceleme aşaması uygulanmaktadır. Parçaların bir görüntü arama algoritması vb. kullanılarak kontrolün atlanıp atlanmadığını belirlenmektedir. Tapa, bu otomatik test algoritması kullanılarak verimli bir şekilde algılanmıştır. Tapa otomatik test algoritmasının, 40 mm bombaatar mühimmat tapasının güvenliğini ve güvenilirliğini artırdığı ortaya çıkarılmıştır [48].

Mühimmat sistemlerinde, tapa için kurulma mekanizması olarak saat mekanizmasına benzer yapılar sıklıkla kullanılmıştır. Merminin merkezkaç kuvveti, saat mekanizması için itici güç olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada Şekil 1.37’de gösterilen topçu tapası kurulma mekanizmasının zamanlama prensibi incelenmiş ve analiz edilmiştir. Saat mekanizması için bilgisayar destekli tasarım (CAD) platformu olarak üç boyutlu modelleme yazılımı ve saat mekanizmasının dinamik özelliklerini simüle ve analiz etmek için MSC ADAMS (rijit gövde dinamiği simülasyon yazılımı/rigid body dynamics simulation software) kullanılarak dönüş hızı ve dönüş süresi elde edilmiştir. Dönüş süresi tespiti tapanın namlu önü emniyet mesafesinin belirlenmesi için çok kritik olmaktadır. Ayrıca dönüş hızı ve dönüş süresi arasındaki ilişki de ortaya çıkarılmıştır [49].

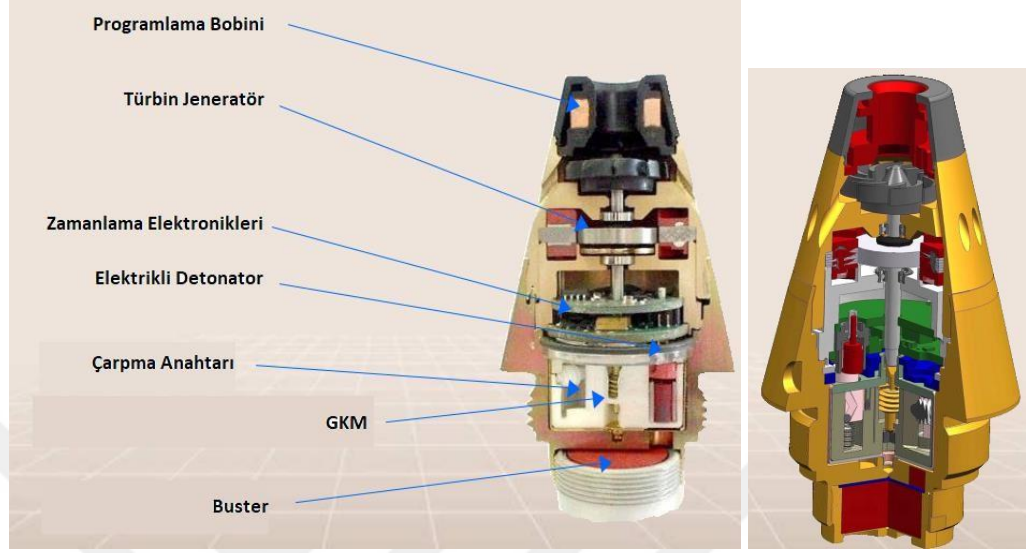


Şekil 1.37. Topçu tapası kurulma mekanizması [49]

Konvansiyonel mühimmat atışlarında, mühimmatın namlu çıkış hızında oluşan farklılıklar sebebiyle vuruş noktası hedeften sapmaktadır. Güdüm kiti, mühimmatın uçuş yolunda düzeltme uygulayarak mühimmat düşüm noktasında görülen mesafece dağılımı azaltmakta ve vuruş etkinliğini artırmaktadır. Yapılan bu çalışma, 50 metreden daha az olası dairesel hata sağlayan hassas güdüm kitine dayalı topçu mühimmatının hassasiyetini artırmayı ele almaktadır. Bu hassas vuruş yeteneği, aynı zamanda, orduların daha az mühimmat ve lojistik destek ile daha uzun süreler boyunca hedeflere isabetli bir şekilde müdahale etmelerini sağlamaktadır. Top mermilerinin GPS güdümlü akıllı mühimmatlara dönüştürülmesi ile birlikte 10 metreden daha az hassasiyete ulaştığı görülmüştür. Hassas güdüm kitleri, mevcut 155 milimetre mühimmat stoğu ve arttırılmış menzil sağlamak üzere tasarlanacak gelecekteki mühimmatlar için, yapılan bu çalışma büyük önem arz etmektedir [50].

Zaman tapaları ile ilgili kullanıcı geri dönüşleri dikkate alınarak geleneksel zaman havan tapaların dezavantajlarının üstesinden gelen Şekil 1.38’de gösterilen MTF01 tapası geliştirilmiştir. Geleneksel zaman havan tapalarında yer alan kullanıcı tarafından atış öncesi çıkarılan emniyet pimi, otomatik yüklemeli havan sistemleri kullanımı için uygun değildir, ayrıca tapanın programlama zaman hatası ve zaman ayarı için aşırı zaman ihtiyacı operasyon sırasında büyük sıkıntılar yaratmaktadır. Geliştirilen bu tapa yukarıda belirtilen tüm bu olumsuzlukları bertaraf etmektedir. Bu tapa ile çeşitli barut haklarında başarılı atışlı testler yapılmıştır. Bu atışlarda farklı

havan silah sistemleri ve zırhlı araç üzeri otomatik yüklemeli havan silah sistemleri başarılı bir şekilde kullanılmıştır [51].



Şekil 1.38. MTF01 tapası [51]

Yapılan bu çalışmada, düzlemsel zikzak tipi çok yuvalı bir güvenlik ve kurma sistemi geliştirilmiştir. Sistem; W tipi mikro yay, kaydırıcı ve zikzak yuvasından oluşmaktadır. Ansys uygulanarak mikro yay simülasyonu ve analizi gerçekleştirilmiştir. Kaydırıcı için hareketin matematiksel modelinin oluşturulması sağlanmıştır. Doğrusal olmayan dinamik mekanik ile fiziksel modelin simülasyonu ile uygun mikro yay, kaydırıcı ve zikzak yuvası tasarlanmıştır. Geleneksel mekanik güvenlik kurma mekanizmaları genellikle büyük hacim ve ağırlığa sahiptir. Ancak geliştirilen mikro elektro mekanik güvenlik kurma mekanizması; güvenilirlik, hacim ve ağırlık olarak büyük avantaj sağlamıştır [52].

Yapılan bu çalışmada, tapalar için geliştirilen mikro elektrik anahtarının tasarımı, modellemesi ve simülasyonu anlatılmaktadır. Mekanizma; zikzak yuvalı yay-kütle sistemi, mandal mekanizması, elektrik bağlantı mekanizması ve hareket sınırlama mekanizmasından oluşmaktadır. Tapa normal olarak başlatıldığında bir hızlanmaya maruz kalana kadar anahtar kapalı durumda kalmaktadır. Hızlanma, belirli genlik ve süre ile yarım sinüs darbesi olarak simüle edilmektedir. Anahtarın dinamik modeli incelenmiştir. Anahtarın toplam boyutu 5,5 mm × 4 mm'dir. Zikzak kovan kütlesi, 3000 g genlikli ve 3 ms süreli bir ivmeye maruz kaldığında 700 µm'nin üzerinde bir

yer değiştirmeye sahiptir. Ancak 15.000 g genlikli ve 0,3 ms süreli ivmeye maruz kaldığında, yalnızca 400 μ m'den daha az yer değiştirmeye sahiptir. Anahtarın iki tipik ivmeye maruz kaldığında yer değiştirmesinin de bariz bir fark bulunmaktadır. Anahtarın atalet tepkisi özellikleri, tapa güç kaynağının ve devrenin güvenli ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu çalışma ile tapanın sert zeminlere düşmesi sırasındaki düşük süreli ivmelenmeden etkilenmeden, sadece namludan fırlatılma esnasındaki ivmelenmeye göre aktif olabilecek anahtarın tasarımı tamamlanmış ve anahtar güvenli bir şekilde kullanılmıştır [53].

Tapa güvenlik mekanizmalarından kaynaklı birçok kaza yaşanmaktadır. Kidal/Mali'de Hollanda'ya ait Airmobile Brigade Havan Birliğı'nde 60 mm havan eğitim atışı yapılırken havan mühimmatı, namlu içinde patlamıştır. Bu kazada 2 asker ölmüş ve 1 asker ağır yaralanmıştır. Bu kaza, en ince detaylarına kadar incelenmiş ve rapor olarak yayınlanmıştır. Raporda erken patlamanın, tapa için uygun olmayan sıcaklık-nem koşulları ve tapa "güvenli" pozisyondayken detonatör-yemleme şarjı arasındaki bariyer diskinin işlevini yerine getiremediğı için meydana geldiğı ortaya konulmuştur [54].

Topçu mühimmatlarında kullanılan elektronik tapaların atış sırasında ivmelenmesi ile ilgili çalışma yapılmıştır. Maksimum şarjla ateşlenen 155 mm'lik bir top mermisi, yaklaşık 16 milisaniyelik bir süre boyunca 16.000 G'nin üzerinde uzunlamasına ekseninde bir hızlanma kuvveti (gerileme) yaşayacaktır. Merminin namludan geçerken, onu 30.000 G'ye kadar kısa süreli yanal hızlanmaya ("namlu içi hareket sırasında bir merminin boyuna eksenine dik yanal hareketidir.") tabi tutacaktır. Yine benzer şekilde 120 mm'lik bir tank topu yaklaşık 60.000 G gerileme ve 40 mm'lik bir mermi 100.000 G'nin üzerinde gerilemeye maruz kalmaktadır. Silah şokunun güç spektral yoğunluğu, enerji içeriğinin genellikle yüksek ses frekanslarında konsantre olacağı yönündedir. Tapanın genel olarak fırlatma işlemi sırasında çalışmaması gerekmektedir. Aslında, bu işlem sırasında tapanın çalışmasını sağlamak ciddi güvenlik tehlikeleri yaratacaktır. Bununla birlikte, tapa hedefe çarptığında ikinci büyük şok kaynağına maruz kalmaktadır. Gecikmeli bir tapanın hedefe çarpma üzerine yaşadığı şok miktarı, hedefe bağılı olarak değışmektedir. Ancak karşılaşılan kuvvetler yukarıda belirtilen gerileme ile aynı büyüklükte olacaktır. Birincil kuvvet vektörünün, başlatma sırasında karşılaşılanın ters yönünde olacağını da not etmek önemlidir. İyi bir tapa tasarımının desteklenmeyen yapılar içermemesi gerekmektedir [55].

Bu önem ve amaç doğrultusunda, büyük ve orta kalibreli mühimmatlarda kullanılan ve mühimmatın ilk ateşleme sistemi olarak adlandırılan tapaların alt sistemleri ele alınarak; emniyet ve fonksiyonellik arasındaki kritik dengeyi sağlayan tapaların iç mekanizmalarındaki dinamik hareketler incelenmiştir. Bu dinamik hareketler, mühimmatın, atış anında oluşan atalet kuvvetleri ve namlunun yiv-setlerinin mühimmata kazandırdığı merkezkaç kuvvetlerinin bileşke fonksiyonudur. Bu dinamik hareketin çıktısı, mühimmatlarda namlu önü emniyeti olarak adlandırılan ve silah sistemi ile birlikte personeli de atış esnasında her türlü olumsuz senaryolarda güvende tutan bir emniyet parametresidir. Bu çalışmada, düşme veya taşıma sırasında meydana gelen şok ve/veya titreşimler nedeniyle veya üretim sırasındaki hatalardan dolayı kazara kurulması durumunda mühimmatın namlu içinde patlamasını önleyecek ve otomatik yüklemeli silah sistemlerinde kullanılabilecek güvenlik mekanizmalarına sahip yeni bir tapa tasarımı yapılması amaçlanmıştır.

2. HAVAN SİLAH SİSTEMİ, MÜHİMMAT ve TAPA

2.1. Havan Silah Sistemi

Havan silah sistemleri, belirli çaplardaki mühimmatları patlayıcı kimyasallarla iterek, mühimmatların belirli bir balistik yörünge dâhilinde hedefe yönlenmesini sağlayan yapılardır. Havan silah sistemleri 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar manuel yüklemeli ve otomatik yüklemeli havan silah sistemleridir.

2.1.1. Manuel Yüklemeli Havan Silah Sistemi

Havan; piyade birliklerinin kullandığı, üst aç grubu ile atış yapabilen, namlu ağzından elle tek tek doldurulan, bazı modellerinde mermi namlu içi dibindeki iğneye çarpar çarpmaz otomatik olarak ateşlenen (81 mm. UT-1, 81 mm. M-1, 106 mm. orta havan ve 60 mm. Komd. Havanı gibi), bazı modellerinde ise top ve obüslerdekine benzer ateşleme ipinin çekilmesiyle ateşlenen (120 mm. tosam hy-12 havanı gibi) piyade birliklerinin ateş destek silahlarıdır. Havanların başlıca mühimmat cinsleri; tahrip, aydınlatma, sis ve eğitim mermileridir. Üst aç grubu tabirini basitçe açıklamak gerekirse; namludan çıkan mühimmatın direkt hedefe düşmesinden ziyade önce yukarı doğru yükselip ardından hedefe tepeden dik bir şekilde düşmesi olarak tanımlayabiliriz. Bu sayede bir tepe veya yüksek bir binanın arkasına aşırma atışlar yapılabilmektedir. Bu üst aç grubunun oluşum sebebi ve en önemli avantajıdır. Dezavantajı ise merminin hedefe varış süresinin uzun olması, isabet oranının düşük olması ve atmosferik hava şartlarından daha fazla etkilenmesi olarak sıralayabiliriz. Havan topu yivsiz ve kısa namlulu bir top çeşididir. Havan silah sistemleri aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

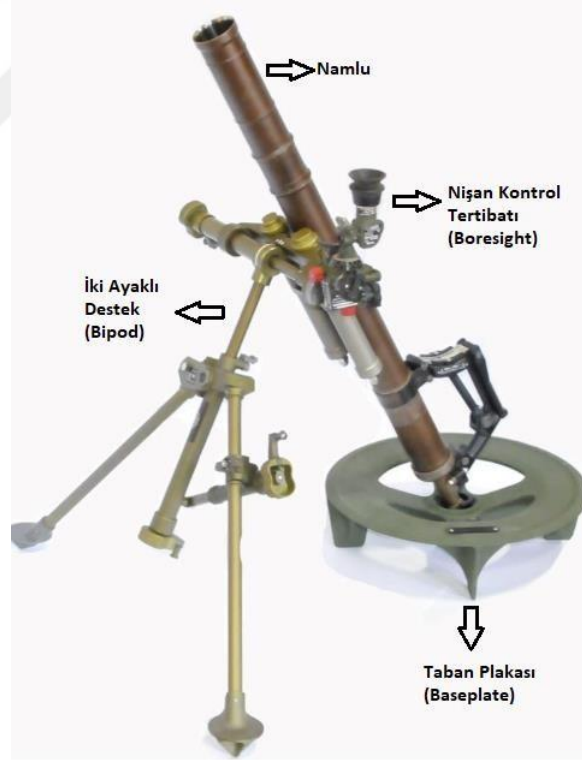
Nişan Kontrol Tertibatı (Boresight): Mühimmatı hedefe en yakın noktaya düşürebilmeniz için gerekli tertibattır. Vuruş doğruluğunu arttırmak için kullanılmaktadır. Tertibatın delik eksenini ve ateşli silah üzerindeki delik eksenini hizalayabildiğiniz takdirde, hedefe veya yakın hedefe atış yapabilirsiniz.

Pusula (Compass): Azimutlar (bir gök cisminin gözlemciye göre istikâmetinin ufuktaki kuzey veya güney noktasından açısız uzaklığı) ve görüş açıları elde etmek için kullanılan çok amaçlı bir araçtır.

Namlu: Barutun ateşlendiği, yüksek basınçla mermiyi hedefe hızlı ve düzgün bir şekilde göndermesi için gerekli; yivli veya yivsiz, uzun delikli metal borudur. Soğuk dövme özel çeliklerden elde edilmektedir.

Taban Plakası (Baseplate): Taban plakası; tek parça, yuvarlak, alüminyum dövme bir tabandır. Döner kilitlenme kapağı olan bir bilya soketine ve dört vida ve kilit puluyla yerinde tutulan sabit bir tutma halkasına sahiptir. Kilitlenme kapağı 360° dönmekte ve namluya tam daire ateşleme kabiliyeti kazandırmaktadır. Taban plakasının alt kısmında ateşleme sırasında namluyu stabilize etmek için dört maça bulunmaktadır.

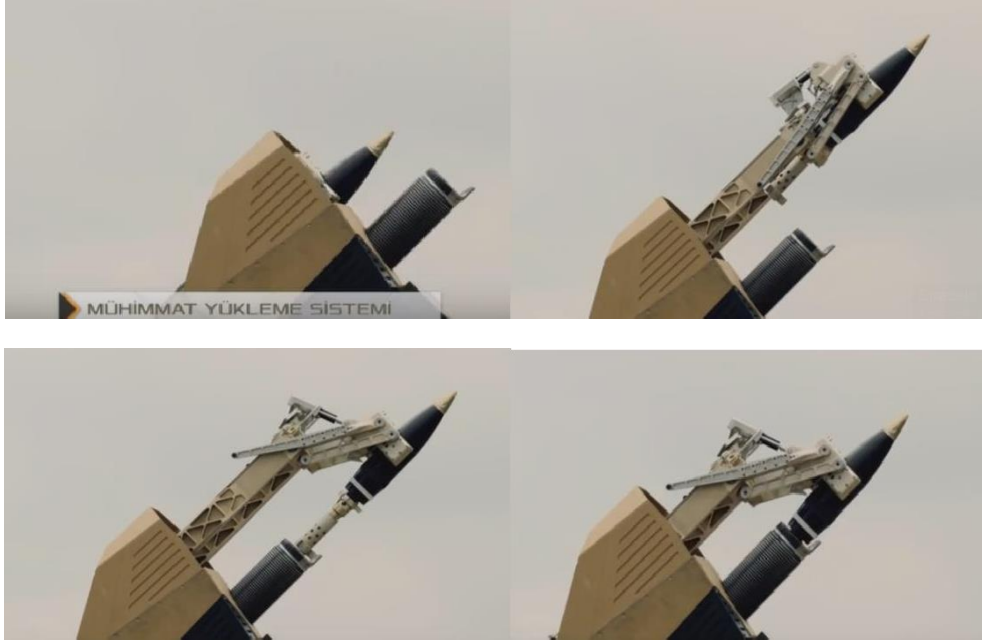
İki Ayaklı Destek (Bipod): Namlunun altında bulunan, genellikle ters "v" şeklinde olan, namluyu sabitleyerek daha isabetli atışlar yapmaya yarayan destek elemanıdır [56]. Hava silah sisteminin bileşenleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. 60 mm M224 hava silah sistemi

2.1.2. Otomatik Yüklemeli Havan Silah Sistemi

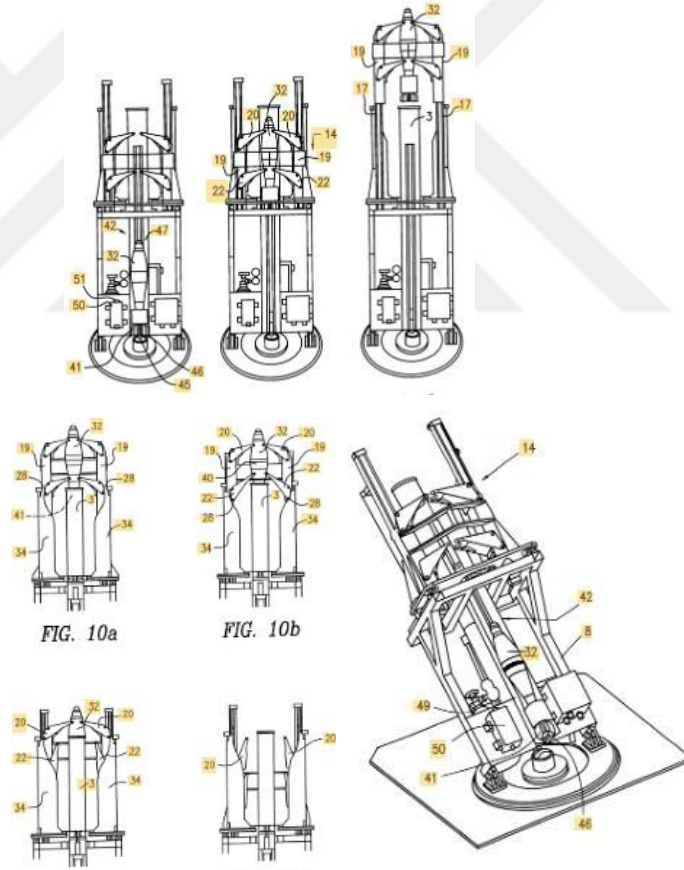
Geri tepme mekanizmasını atış sırasında platforma aktarabilen ve bu sayede atış yükünü en aza indirebilen, 4x4 dahil birçok farklı tipteki araca ve sabit tesise entegre edilebilen, yivli ve yivsiz namlu çeşidine göre 1,5-8 kilometre arası menzile ulaşabilen, 1 dakikadan kısa sürede atışa ve 10 saniyeden kısa sürede de mevzi değiştirmeye hazırlanabilen bir silah sistemidir. Bu sistemde, mermi namluya otomatik yüklenebilmektedir. Gelişmiş, hızlı ve hassas elektromekanik taret sistemiyle namlu 360 derece dönebilmekte ve yüksek namlu açılarında atış yapabilmektedir. Tüm bunlar geniş bir etki alanı sağlamaktadır. Ayrıca, balistik hesaplamalarda kullanılan meteorolojik veriler sayısal haberleşme vasıtasıyla alınabildiği için muharebe sahasında her türlü koşulda görev icra edilebilmektedir [57]. Örnek bir otomatik yükleme sistemi Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Mühimmatın namluya otomatik olarak yüklenmesi [57]

Havan mühimmatının namludan otomatik olarak yüklenmesini sağlamak için Şekil 2.3’te gösterilen sistem geliştirilmiştir. Bu sistemin çalışma prensibi şu şekildedir; Yükleici yardımı, havan namlusunu çevreleyen ve üzerine tutturulmuş bir çerçeve içermektedir. Çerçeve, hareket edecek şekilde bir döner tablaya monte edilmiş pivotlar üzerinde desteklenmektedir. Bir kaldırma cihazı, çerçevenin ortasına ve namlu eksenine paralel olarak konumlandırılmaktadır. Bir aktarma cihazı içeren bir taşıyıcı, bahsedilen çerçevenin üzerine yerleştirilmektedir. Bahsedilen asansör, birbirinin

karşısında konumlandırılmış olan ve her bir mekikteki çenelerin diğer taraftaki ilgili çenelerle çiftler halinde hareket etmesine izin veren iki lineer aktüatörden oluşmakta ve bu yapı, mühimmatı iki yerden kavramaktadır. Mühimmat, asansör çenelerine tam olarak yerleşmekte ve çeneler mühimmatı kavrayarak kaldırmaktadır. Transfer düzeneği daha sonra mermiyi namludan daha yükseğe kaldırmakta, namlu eksenine çevirmekte ve namlu içine bırakmaktadır. Mühimmatın kuyruk kanatçıkları, namluya tam olarak giriş yapmaktadır. Bununla birlikte önce birinci çeneler serbest kalmaktadır. Mühimmatın büyük kısmı namluya giriş yaptığından ikinci çeneler serbest kalmaktadır. Tamamen serbest kalan mühimmat, yerçekimi etkisiyle namlunun dip kısmına oturmaktadır. Bu sistem sayesinde mermiyi, havan namlu tabanına yakın alt bir pozisyonundan namlu ucuna taşımak, düşman ateşine maruz kalmayı önlemekte ve namlu ağzı patlamalarını azaltmaktadır [58].



Şekil 2.3. Otomatik yüklemeli havan silah sistemi [58]

2.2. Mühimmat

Mühimmat; herhangi bir silahtan ateşlenen, saçılan, düşürülen veya patlatılan malzemedir. Mühimmat, hem harcanabilir silahlardır (bombalar, füzeler, el bombaları, kara mayınları gibi) hem de hedef üzerinde etki yaratan diğer silahların (mermi ve savaş başlıkları gibi) bileşenidir [59]. Şekil 2.4'te örnek mühimmat çeşitleri gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Mühimmat ailesi [60]

Mühimmat ailesi içerisinde topçu, havan, uçaksavar, roket, füze, uçak bombaları, el bombaları, bombaatar mühimmatları yer almaktadır. Bir mühimmat, hava direncini yenmek ve dengeli uçuş yapabilmek için uçuş müddeti boyunca hedef noktasına doğru ilk çıkış pozisyonunda gitmek zorundadır. Silah sisteminden fırlatılan mühimmatlar, kuyruk dengeli ve dönü dengeli olarak ikiye ayrılmaktadır. Uçuş stabilizasyonunu sağlamak için iki metot bulunmaktadır. Bunlar kanatçık ve dönme stabilizasyonudur. Bu çalışmada kuyruk dengeli mühimmatlardan havan mühimmatları ele alınmıştır. Ayrıca kanatçıklı ve dönme stabilizasyonlu mühimmatlarda güdümlü ve güdümsüz olarak ikiye ayrılmaktadır:

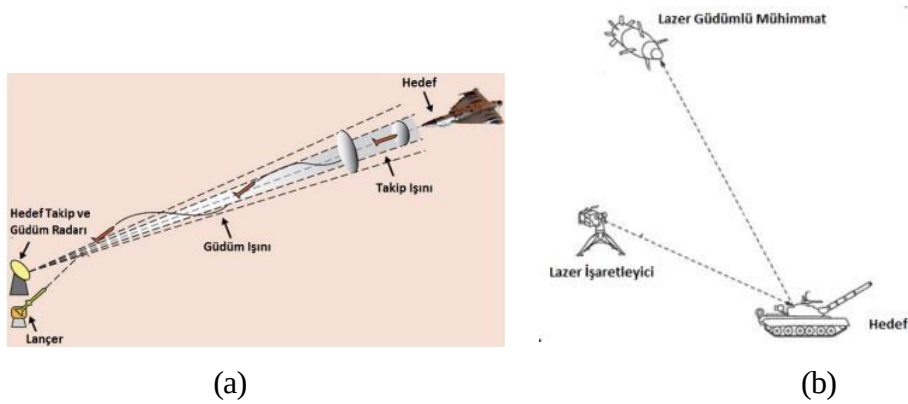
2.2.1. Güdümsüz Mühimmatlar

Bu mühimmatlar fırlatma sistemi tarafından belli bir hedefe doğru yönlendirilip fırlatıldıktan sonra, o hedefe güdümsüz olarak balistik uçuş yörüngesinde uçmaktadır.

2.2.2. Güdümlü Mühimmatlar

Bu mühimmatlar ise içerisinde yer alan ataletsel sensörler, arayıcı başlıklar, ışın izleme güdüm sistemi veya KKS destekli güdüm sistemlerinden biri ile hedefe doğru bir şekilde gitmesi için gerekli olan manevraları yapabilmektedir. Güdüm yöntemleri aşağıda yer almaktadır:

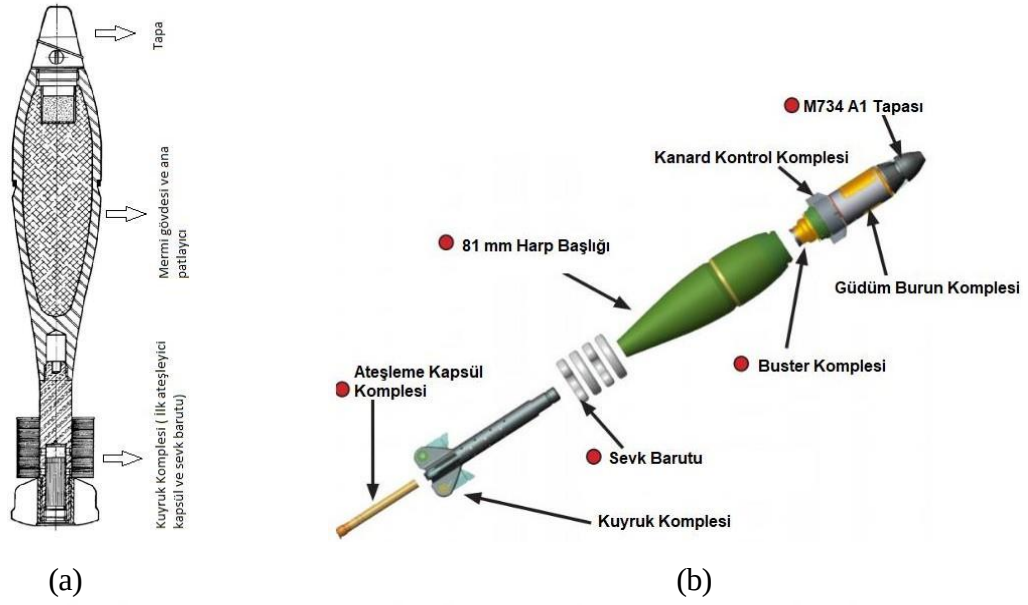
- a) Ataletsel güdüm yöntemi, mühimmatın önceden yüklenmiş atış parametrelerini ve yörüngesini takip edebilmesi için ataletsel sensörlerin kullandığı yöntemdir. İçerisinde üç adet ivmeölçer ve üç adet dönü ölçer bulunan elektronik üniteler kullanılmaktadır. Bu sistemde ivmeölçerler ile mühimmatın anlık olarak ivme değerleri ölçülmektedir. Ölçülen ivmelerden mühimmatın anlık pozisyonları hesaplanmakta ve önceden yüklenen yörünge verisi ile karşılaştırılmaktadır.
- b) Arayıcı başlık güdüm sisteminde, mühimmat uçuş yörüngesini hedefin belli bir karakteristik özelliğini takip ederek yapmaktadır. Arayıcı başlıklar; radyo dalgası, kızılötesi, lazer yansımaları, ses veya görünür ışık gibi farklı enerji türlerini takip edecek şekilde özelleşmiş olabilmektedir.
- c) Işın demeti güdüm sisteminde (BRG) mühimmatın dışarıdaki bir istasyon tarafından radar ya da lazer ışını kullanarak aydınlatılmış hedefe gdmlenmesidir. şekil 2.5'te ışın demeti güdüm sistemi örnekleri gösterilmektedir.



şekil 2.5. Radar kullanılarak yapılan ışın izleme güdüm sistemi (a), lazer kullanılarak yapılan ışın izleme güdüm sistemi (b) [61]

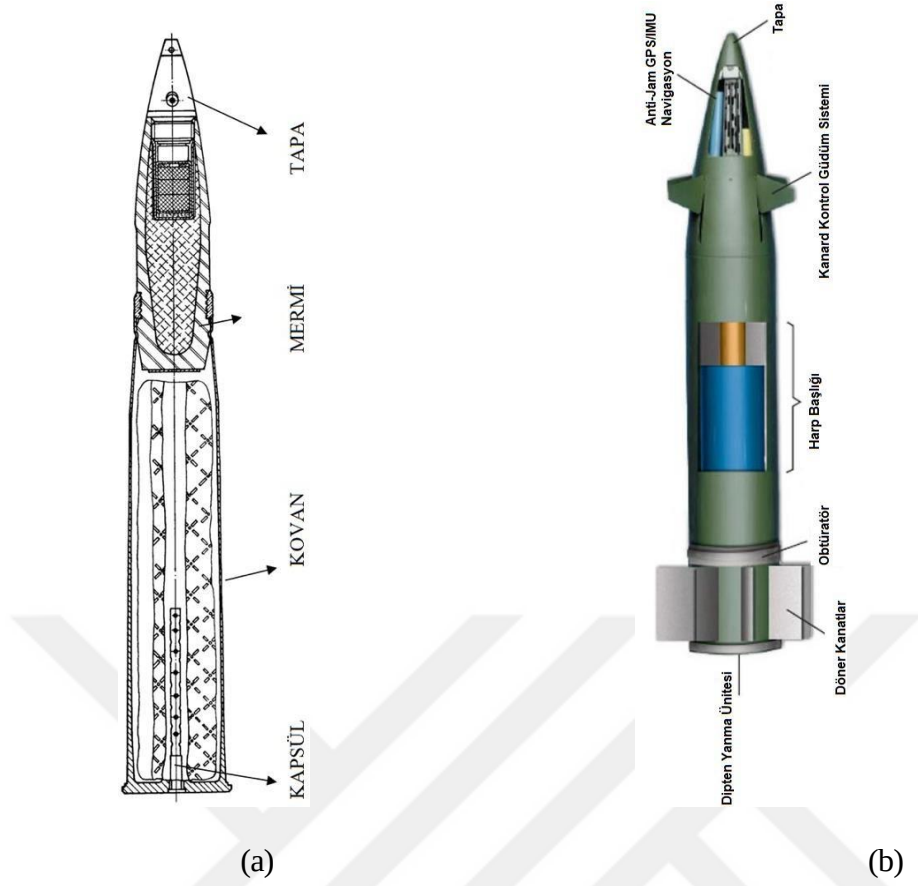
- d)** Küresel Konumlandırma Sistemi (KKS) destekli güdüm sistemi, bir sistemin üzerindeki alıcıları kullanarak dünyanın yörüngesinde dönen uyduların gönderdikleri zaman ve konum bilgilerinin kullanılarak kendi konumunu hesaplamasıdır. Mühimmatlarda KKS çözümlerinin kullanılması, yüksek hassasiyetleri ve düşük maliyetleri sebebiyle çok yaygındır. Mühimmat, uçuş esnasında üzerindeki KKS alıcısı yardımıyla uydulardan gelen verileri toplamakta ve kendi konumunu anlık olarak hesaplayarak yörüngeden ne kadar saptığını hesaplamaktadır. Bu esnada üzerindeki dönü ölçerler ile mühimmatın uzayda yaptığı açılar hesaplanmaktadır. Bu açı ve yörüngeden sapma değerleri kullanılarak yörüngeye tekrar girmek için gerekli olan kontrol yüzeyi komutlarını üretmektedir.
- e)** Tel güdüm sisteminde, füze ile lançer arasında veri iletimi amacıyla bir tel bulunmaktadır ve füze uçuş esnasında operatör tarafından bu tel ile kontrol edilmektedir. Operatör, füzenin yapacağı hareketlere füzenin üzerindeki kameradan alınan verilere göre karar vermektedir. Eski bir teknoloji olan tel güdüm sistemi kısa menzilli bazı tanksavar mühimmatlarda kullanılmaktadır [61].

Kanatçık stabilizasyonu, üzerindeki aerodinamik kuvvetler yardımıyla merminin kendi ekseninde dönmeden gitmesini sağlamaktadır. Şekil 2.6'da güdümsüz ve güdümlü kanatçıklı mühimmat örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Güzümsüz 81 mm havan mühimmat kesiti (a), güzümlü 81 mm havan mühimmatı (b) [62]

Dönme stabilizasyonu bir merminin sahip olduğu jiroskopik dönme hareketinin bir sonucu olarak daima ilk hedef doğrultusu boyunca hareketine devam etmektedir. Bu dönme hareketinin ataleti, doğru eksenden olacak sapmalara müsaade etmemektedir. Şekil 2.7’de güzümsüz ve güzümlü dönme stabilizasyonlu mühimmat örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Güdümsüz topçu mühimmatı bileşenleri (a), güdümlü XM982 excalibur topçu mühimmatı bileşenleri (b) [63,70]

2.3. Mühimmat Bileşenleri

Mühimmatlar genel olarak mermi, tapa, kapsül, kovan ve sevk yakıtından oluşmaktadır.

2.3.1. Mermi (Harp Başlığı)

Mermi (Harp başlığı), mühimmatın silahı terk eden ve hedef üzerinde etkisi olan kısımdır. Harp başlıkları mühimmatların önemli alt bileşenleridir ve düşman unsurları yok etmek için kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarına göre harp başlıkları dört ana gruba ayrılmaktadırlar.

Bunlar;

- Patlama etkili harp başlıkları,
- Parçaçık tesirli harp başlıkları,

- c) Çukur imlali harp başlıkları ve
- d) Özel amaç harp başlıklardır [61]. Parçacık tesirli harp başlığına örnek Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. 122 mm ÇNRA bilyeli harp başlığı [64]

2.3.2. Kovan

Kovan; mermi çekirdeği, sevk barutu ve kapsülü bir arada tutan parçadır. Kovan, mermi bileşenlerini bir arada tutmaktan başka atış anında genişleyip namluyu geri tepen gazlardan korumaktadır. Kovanlar genelde pirinçten (70% bakır, 30% çinko) yapılmaktadır. Şekil 2.9’da örnek olarak 5,56 mm kovan gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Kovan (5.56mm) [65]

2.3.3. Kapsül

Kapsül, sevk yakıtının ateşlenmesini sağlayan ve darbe ya da elektrik ile aktif edilen patlayıcı zincirinin ilk halkasıdır. Şekil 2.10’da örnek elektrikli MOD 500 kapsülü gösterilmiştir.



Şekil 2.10. MKE MOD 500 elektrikli kapsül [66]

2.3.4. Sevk Yakıtı

Sevk yakıtı, silahın içinde harekete geçirilen ve mermiyi silahtan hedefe taşımak için gerekli kinetik enerjiyi sağlayan mühimmat bileşenidir. Şekil 2.11’de 155 mm topçu mühimmatlarında kullanılan modüler barut sevk yakıtı gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Modüler barut [67]

2.3.5. Tapa

Tapa, elektromanyetik dalga veya kuvvetin etkisiyle bir mühimmat parçasında bir yangın veya patlama zinciri başlatmak için tasarlanmış patlayıcı bileşenlere sahip bir cihazdır. Tapa, temel olarak koruma, kurma ve ateşleme işlevi sağlamaktadır [68].

Diğer bir tanım olarak tapa, bir mühimmat kalemini arzu edilen zaman ve şartlar altında harekete geçirmek için tasarlanan patlayıcı parçalar ihtiva eden bir cihazdır [69].

Daha geniş bir tanım yapmak gerekirse de tapa, mühimmatın bir yerden başka bir yere nakli sırasında, depolamada, kullanım sırasında ve kullanımdan sonra infilak anına

kadar güvenliğini sağlayan, içerisinde elektronik, mekanik ve kimyasal bileşenler içeren ve mühimmatın nerede, ne zaman fonksiyon göstereceğine karar veren mekanizmadır [70]. Şekil 2.12’de rnek DM 111 A4 havan tapası gösterilmiştir.



Şekil 2.12. rnek bir tapa görseli (PD DM 111A4 havan tapası) [71]

2.3.5.1. Havan Tapası eşitleri

Mühimmatların cinsine ve kullanım alanlarına göre 7 tip havan tapası bulunmaktadır. Operasyon sırasında, kullanılacak olan mühimmata göre tapa seçimi yapılmaktadır ve istenilen senaryoya göre tapa ayarlanmaktadır. Örneğin tahrip mühimmatlarında mekanik çarpmalı hassas tapa, mekanik çarpmalı gecikmeli tapa, yaklaşmalı tapa, çok maksatlı tapa veya yörünge düzeltmeli tapa kullanılmakta, aydınlatma mühimmatlarında elektronik zaman veya mekanik zaman tapası kullanılmaktadır.

2.3.5.1.1. Mekanik arpmalı hassas tapa

Bu tip tapalarda genel amaç, mühimmatın namludan çıktıktan sonra hedef yolunda ilerlerken veya belirli bir sürede değil, hedefe temas ettiği anda veya temas ettikten çok kısa bir süre sonra infilak etmesinin sağlanmasıdır. arpmalı tapalarda çarpma fonksiyonu iki farklı şekilde algılanabilir. Bunlar mekanik ve elektronik çarpma algılamalarıdır. Mekanik arpma algılaması, genellikle tapanın uç kısmına yerleştirilmiş bir ateşleme iğnesi ve bu iğnenin ucuna yerleştirilmiş bir primer (birincil) patlayıcı ile sağlanmaktadır. Elektronik arpma algılamasını ise tapanın hedefe çarptığını, elektronik sensör ile algılayan ve elektrikli kapsüle aktaran

mekanizma sağlamaktadır. Bu mekanizma, elektrikli kapsüle gerekli akımın verilmesini sağlayan elektronik modülden oluşmaktadır [70].

2.3.5.1.2. Mekanik çarpmalı gecikmeli tapa

Bu tip tapalarda genel amaç, mühimmatın hedefe temas ettikten sonra (yaklaşık 30-100 milisaniye) infilak etmesinin sağlanmasıdır. Bu gecikme, elektronik veya kimyasal olarak sağlanmaktadır. Bu tapa, bina içindeki, sütre gerisindeki veya ormanlık alanlardaki hedeflere karşı kullanılmaktadır. Tapa hedefe çarptıktan sonra gecikme süresi boyunca hedefin iç kısmına nüfuz etmekte ve gecikmeli olarak fonksiyon yapmaktadır. Şekil 2.13'te mekanik hassas ve gecikmeli havan tapası örneği gösterilmiştir.



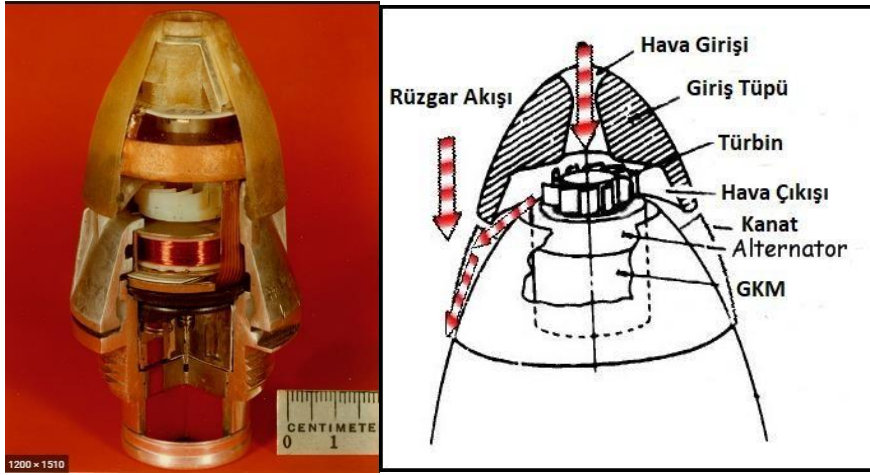
Şekil 2.13. MKE MOD 502 mekanik çarpmalı hassas ve gecikmeli tapa [66]

2.3.5.1.3. Elektronik zaman tapası

Bir patlayıcının patlamasını kontrol etmek ve başlatmak için kullanılan tapalardır. Tapa; bir zamanlama devresi, bir enerji depolama aracı ve bir patlama başlatma aracı içermektedir. Tapa, başlangıçta iki telli bir arayüz üzerinden (İki telli arabirim I2C protokolü), bir mikro denetleyicinin sadece iki pimini Seri Saat (SCL) ve Seri Veri (SDA) kullanan basit bir seri iletişim Yerel Kontrol Ünitesine (LCU) bağlanmaktadır. LCU; tapanın bütünlüğünü test etmekte, enerji depolama araçlarını şarj etmekte, tapanın zaman doğruluğunu ölçmekte, tapa zamanındaki herhangi bir yanlışlığı telafi etmekte, tapaya zamanlama bilgisi yüklemekte ve tapaya patlamaya doğru bir

zamanlama dizisi başlatmasını emretmektedir. Tapa, LCU komutlarına yanıt vermektedir. Tapa, patlamaya doğru zamanlama dizisine başlama komutu verildikten sonra iki telli arayüzde bulunan sinyalleri bir süre göz ardı etmektedir. Tapa ayrıca iki telli arayüzün durumunu ve üzerinde bulunan sinyalleri izlemekte ve herhangi bir düzensizlik tespit edildiğinde tapayı inert duruma getirmektedir. Tapa içerisine yerleştirilmiş olan elektronik birime, zaman bilgisinin girilmesi tapa üzerindeki “zaman ayar halkası” veya Radyo Frekansıyla Tanıma (RFI) teknolojisi kullanılarak elektromanyetik olarak yapılmaktadır. Enerji depolama araçları iki türlü olabilmektedir. Birinci tür kendi enerjisini kendi üretmektedir. İkinci tür ise gerekli olan enerjiyi lityum reserve pil ile sağlamaktadır [72,73].

- **Enerjisini kendi üreten tapalar:** Uçuştaki rüzgâr akımı, hem S&A'yı kurmak için gereken mekanik gücü hem de tapa elektroniği için gereken elektrik gücünü sağlamaktadır. Şekil 2.14'te gösterilen M734 tapasında, tüpteki hava akışını yakalamak, düzenlemek ve tüpten çıkmadan önce hava gücünün bir kısmını mekanik ve elektrik gücüne dönüştürmek için kullanılan bir bileşen sistemi vardır. Bu sistemde hava girişi; rüzgâr akışını, kütle akış oranını (tıkanmış akış) sınırlayan bir yakınsak ayrılan nozula yönlendirmektedir. Eksenel akış daha sonra düz bir pervanenin ortasına konmakta ve kanatlardan radyal olarak akmaktadır. Kanatların eğriliği, akışı sürekli olarak yeniden yönlendirmekte ve iç bükey yüzey alanındaki net basınç, bir tahrik şaftını döndüren bir tork üretmektedir. Tahrik şaftının görevi 20 volt sağlamak ve 20.000 g eksenel ivmeye dayanmak için minyatürize edilmiş türbin alternatör grubu adı verilen alternatif bir akım jeneratörüne kalıcı olarak bağlanmaktadır [74].



(a)

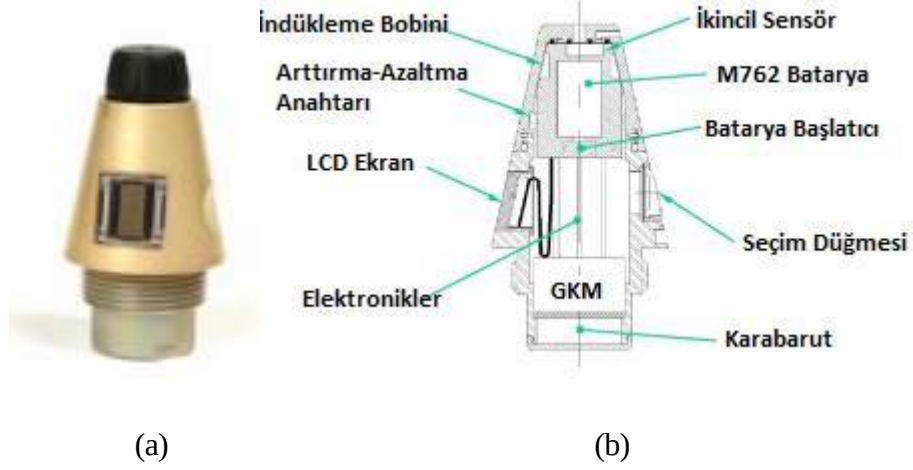
(b)

Şekil 2.14. M734 tapasının genel kesit görüntüsü (a), güç kaynağı bileşenleri (b) [74]

- **Enerjisini pil ile sağlayan tapalar:** Pil teknolojisi Lityum tityoniklorür sistemleri ($\text{Li} / \text{SOCl}_2$) son derece yüksek enerji yoğunluğu ile ayırt edilmektedir. Bataryanın hücreleri paslanmaz çelik bir kasa içine yerleştirilmiştir ve hücre yığını muhafaza içinde simetrik olarak düzenlenmiştir. Pil kasasının ortasında, ilgili sistem hızlandırmasına (geri atalet) bağlı olarak, uygulamaya özel bir serbest bırakma mekanizması ile kırılan elektrolit (SOCl_2) ile doldurulmuş bir cam ampül bulunmaktadır. Elektroliti serbest bırakarak ve pil hücrelerini ıslatarak pil “aktif” olmakta ve enerjisini serbest bırakmaktadır [75]. Şekil 2.15’te elektronik tapalar için ampül batarya ve Şekil 2.16’da bu bataryanın kullanıldığı XM784 havan tapası gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Elektronik tapalar için LiSOCl_2 piller [75]



Şekil 2.16. XM784 Tapası genel görüntüsü (a), bileşenleri (b) [76,77]

2.3.5.1.4. Mekanik zaman tapası

Bu tapalar genel olarak, eksenden (patlayıcı zinciri) kaçık ve üzerinde detonatör bulunan rotor, zemberek yayı, kurma yayı, basma yayları, atalet pimleri, dişli grubu, pinyon dişli ve pandül ikilisinden oluşan mekanizma sayesinde istenilen sürenin mekanik kurmalı saatler gibi ayarlandığı tapadır. Bu mekanizma ve yaylar vasıtasıyla ateşleme iğnesi sıkıştırılmaktadır. Şekil 2.17’de gösterilen DM183 Tapası, ayar anahtar aracılığı ile elle çevrilerek veya üzerinde bulunan zaman ayar halkası vasıtasıyla istenilen zamanın girilebildiği tapadır. Atış anında ters atalet kuvvetiyle rotoru tutan atalet pimi geri çekilerek rotoru serbest bırakmaktadır. Rotor üzerindeki detonatör önceden tanımlanan gecikme süresini tamamladıktan sonra ateşleme iğnesi ile aynı hizaya gelmektedir. Girilen zaman tamamlandıktan sonra dişli mekanizması, yay ile sıkıştırılmış haldeki ateşleme iğnesini serbest bırakarak tapanın fonksiyon yapmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.17. DM 183 mekanik zaman tapası [78]

2.3.5.1.5. Yaklaşım tapası

Yaklaşım tapaları, mühimmatın hedefe çarpmadan önce, yaklaşım sensoründen aldığı mesafe bilgisi ile belirli bir mesafe yakınlaştığı zaman fonksiyon gösteren tapalardır. Bu tapa aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır;

Yaklaşım Sensörü: Nesnelerin tapa yakınında olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir.

Pil: Devrenin çalışması için gerekli enerji kaynağıdır. Tapadaki devrelerin çalışması için gereken kaynağı sağlamaktadır.

Sinyal İşleme: Sinyal işlemcisi, hedefin gerçek yakınlığını belirlemek için yakınlık sensörünün çıkışına çeşitli matematiksel işlemler gerçekleştirmektedir.

Geçitli Ateşleme Devresi: Geçitli ateşleme devresi, sinyal işlemcisinden elde edilen sinyali kapsüle enerji verecek kadar büyütür.

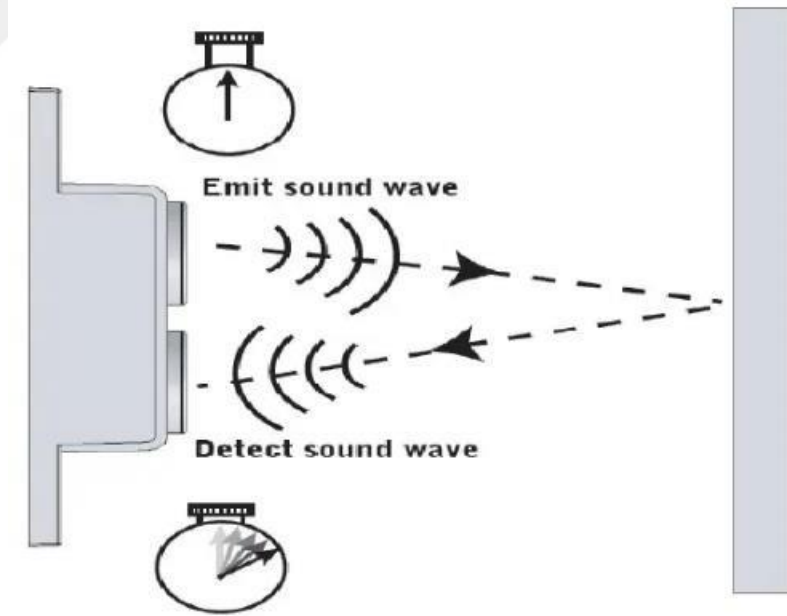
Mikrodenetleyici: Mikrodenetleyici, patlatıcıyı ne zaman harekete geçireceğine karar vermekte ve ateşleme devresini yönlendirmektedir.

Detonatör: Tapanın içinde bulunan ilk ateşleyicidir.

Güvenlik ve Kurma Cihazı: SAD olarak da adlandırılan cihaz, tapanın namlu önü emniyetini sağlayan, patlamayı önleyen cihazdır.

Buster: Güçlendirici, giriş sinyalini maksimum ölçüde güçlendirir ve ana patlayıcıya enerji vermektedir.

Bir yaklaşım sensörü, aşağıdaki özelliklerden birini veya daha fazlasını algılayarak savaş başlığı patlamasını başlatmaktadır: Varlık, mesafe, yön ve hız faktörü. Yakınlık sensörü, radyo ve radyo olmayan olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Radyo tipleri elektromanyetik radyasyon kullanmakta ve RF spektrumunun Çok Yüksek Frekans (VHF), Ultra Yüksek Frekans (UHF) ve mikrodalga bölgelerinde çalışmaktadır. Bunun için kullanılan teknikler; Kapasite, Continuous-Wave (CW Doppler), Darbeli Doppler, Frequency Modulation (FM), Darbeli FM, İndüksiyon Alanı ve Darbe ve CW radarıdır. Ultrasonik sensörler, sırasıyla radyo veya ses dalgalarından gelen yankıları yorumlayarak bir hedefin özelliklerini değerlendiren radar veya sonar benzeri bir prensip üzerinde çalışmaktadır. Şekil 2.18’de gösterilen ultrasonik sensörler, yüksek frekanslı ses dalgaları üretmekte ve sensör tarafından geri alınan yankıyı değerlendirmektedir. Sensörler, bir nesneye olan mesafeyi belirlemek için sinyali gönderme ve yankıyı alma arasındaki zaman aralığını hesaplamaktadır. Paralanma mesafesi tapaya, radyo frekansı ile tanıma teknolojisi kullanılarak elektromanyetik olarak yüklenmektedir. Bu yöntemle yapılabilmesi için tapa ayar cihazına ihtiyaç bulunmaktadır [79]. Şekil 2.19’da yaklaşım tapa örneği verilmiştir.



Şekil 2.18. Ultrasonik sensörün çalışma gösterimi [79]



Şekil 2.19. M9815 elektronik yaklaşım tapası [80]

2.3.5.1.6. Çok maksatlı tapa

Şu ana kadar anlatılan tapaların özelliklerinden birden fazlasını içinde barındıran tapa çeşidine çok maksatlı tapa denir. Şekil 2.20’de örnek çok maksatlı tapa gösterilmiştir. Bu tapalar hassas çarpma, çarpmalı gecikme, elektronik zaman ve yaklaşım fonksiyonlarını içerirler. Atış öncesinde tapa ayar cihazıyla istenilen fonksiyon girilebilmektedir. Amaç, HE savaş başlıkları ile kullanım için çok seçenekli bir tapa sistemi sağlamaktır. Bu tapa, HE savaş başlıklarının havadan havaya (hava patlaması) modu, yerden yere (hava patlaması) modu veya yerden toprağa (darbe) modu olarak kullanılabilir. Mermi yerden havaya (hava patlaması) modunda ateşlenerek bir hava savunma rolünde kullanılabilir. Eğer hedef vurulamazsa önceden girilmiş olan zamanda tapa intiharlı olarak fonksiyon yapmaktadır. Personel karşıtı bir rolde, mermi düz bir yörüngede ateşlenecek ve hedeflenen yer hedefi için "optimum" açılımda bir hava patlaması şeklinde kullanılabilecektir. Mermi aynı zamanda bir anti-malzeme rolünde de kullanılabilir. Bu rolde, mermi düz bir yörüngede ateşlenir ve çarpmalı olarak kullanılabilir. Çeşitli çalışma modlarından görülebileceği gibi, tapa çok amaçlı bir kapasiteye sahiptir [81].



Şekil 2.20. K584 Çok maksatlı tapa [82]

2.3.5.1.7. Yörünge düzeltmeli tapalar

Konvansiyonel mühimmat atışlarında, mühimmatın namlu çıkış hızında oluşan farklılıklar sebebiyle vuruş noktası hedeften sapmaktadır. Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için yörünge düzeltmeli tapalar ile vuruş hassasiyetinin artırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda bir boyutlu mesafe düzeltme ve iki boyutlu hem mesafe hem de yanca düzeltmeli tapalar geliştirilmektedir.

- **Yörünge düzeltmeli tapalar (1D)**

Yörünge düzeltmeli tapalar, mühimmat atışı yapıldıktan sonra, mühimmat henüz yere düşmemişken tapanın kontrol edilerek istenildiği şekilde fonksiyon göstermesi sağlanan tapalardır. Tapalarla uzak bir noktadan; elektriksel, mekaniksel veya optiksel olarak iletişime geçirilmesi şeklinde çalışılsa da en çok kullanılan yöntem küresel pozisyonlama sistemi ile tapaya hedef koordinatlarının verilmesi şekliyle olmaktadır [73].



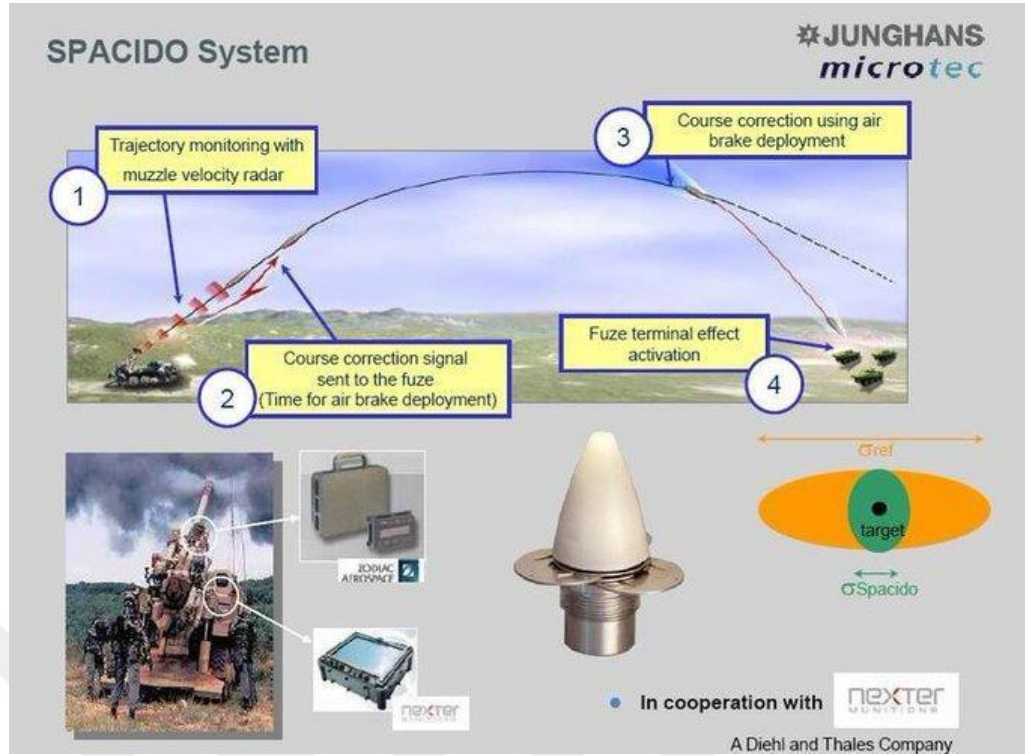
a)



b)

Şekil 2.21. Yörünge düzeltmeli tapa SPACIDO (a) ve ECF (b) [83]

Yörünge düzeltmeli tapalar, güdümlü mühimmatlardan farklı bir yapıya sahiptir. Güdümlü mühimmatlarda, mühimmat üzerinde açılan kanatçıklar vasıtasıyla mühimmatın yönü bütün eksenlerde değiştirilebilirken yörünge düzeltmeli tapalarda fren görevi gören kanatlar açılarak mühimmatın tek eksen üzerinde düşeceği yere müdahale edilebilmektedir. Bu sebeple kumanda edilebilir tapalarla atış yapılırken her zaman hedeften daha uzak bir noktaya nişan alınır ve atış yapılır. Yörünge düzeltmeli (1D) tapaların çalışma prensibi Şekil 2.22 ve 2.23'te gösterilmiştir. Bu tapalar, tek eksenli yörüngesi değiştirilebilen tapalar (1D Correction) olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede topçu sistemlerine maliyet/etkinlik, hassasiyet ve operasyonel esneklik açısından önemli operasyonel faydalar sağlamaktadır. Ateşleme doğruluğunda 4 kat artış sağlanmaktadır. Bu, standart tapalarla gerekli ateşleme sayısının sadece dörtte biri ile aynı terminal hedef etkisini elde etmenin mümkün olduğu anlamına gelmektedir. Bu tapalar sayesinde zamandan ve maliyetten tasarruf sağlanırken aynı zamanda lojistik yük de azalmaktadır. Şekil 2.21'de örnek olarak gösterilen SPACIDO, GPS'ten bağımsız, tamamen özerk bir sistem olacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak European Correcting Fuze (ECF) GPS ile çalışmaktadır. SPACIDO sistemi, merminin yörünge üzerindeki konumu için ilk hız ölçümünü kullanmaktadır. SPACIDO, herhangi bir geleneksel mühimmat için uyarlanabilir ve herhangi bir topçu sistemine entegre edilebilmektedir [84].



Şekil 2.22. Yörünge düzeltmeli tapa (ilk hız ölçümü) çalışma şekli gösterimi [83]



Şekil 2.23. Yörünge düzeltmeli tapa (GPS) çalışma şekli gösterimi [83]

- **Yörünge düzeltmeli tapalar (2D)**

Konvansiyonel topçu mühimmatı atışlarında, mühimmatın namlu çıkış hızında oluşan farklılıklar sebebiyle vuruş noktası hedeften sapmaktadır. Güzüm Kiti, mühimmatın uçuş yolunda düzeltme uygulayarak mühimmat düşüm noktasında görülen mesafece dağılımı azaltmakta ve topçu atışının vuruş etkinliğini artırmaktadır. Şekil 2.24'te gösterilen tapa güzüm kiti, elektronik olarak, aktuatör ve kontrol arayüzleri ile roket veya mühimmata entegre edilebilmektedir. Tapa güzüm kiti için yer kontrol ünitesi ile tapa veri aktarımı yapmaktadır. Hassasiyet CEP < 30 m'dir. Konumlandırma sistemi olarak GNSS (GPS, Glonass, Galileo) INS ile hibrit sistem ve uçuş kontrol motorlar tarafından kontrol edilen iki yönlendirilebilir kanat kullanılmaktadır [85].



Şekil 2.24. FGK Tapası [85]

Güzüm kitlerinde kullanılan sıkça rastladığımız temel terimler ile ilgili bilgiler aşağıda yer almaktadır.

GPS (Global Positioning System): ABD hükümetine ait ve ABD Uzay Kuvvetleri tarafından yönetilen uydu tabanlı radyo navigasyon sistemidir. Dünya'daki ve Dünya yakınındaki GPS alıcılarına, en az dört GPS uydusunu görebilmeleri şartıyla coğrafi konum ve saat bilgisi sağlayan küresel uydu navigasyon sistemlerinden biridir.

GNSS (Global Navigation Satellite Systems): Küresel Konum Belirleme Sistemi (KKBS), uydu konum belirleme sistemleri için kullanılan bir terimdir.

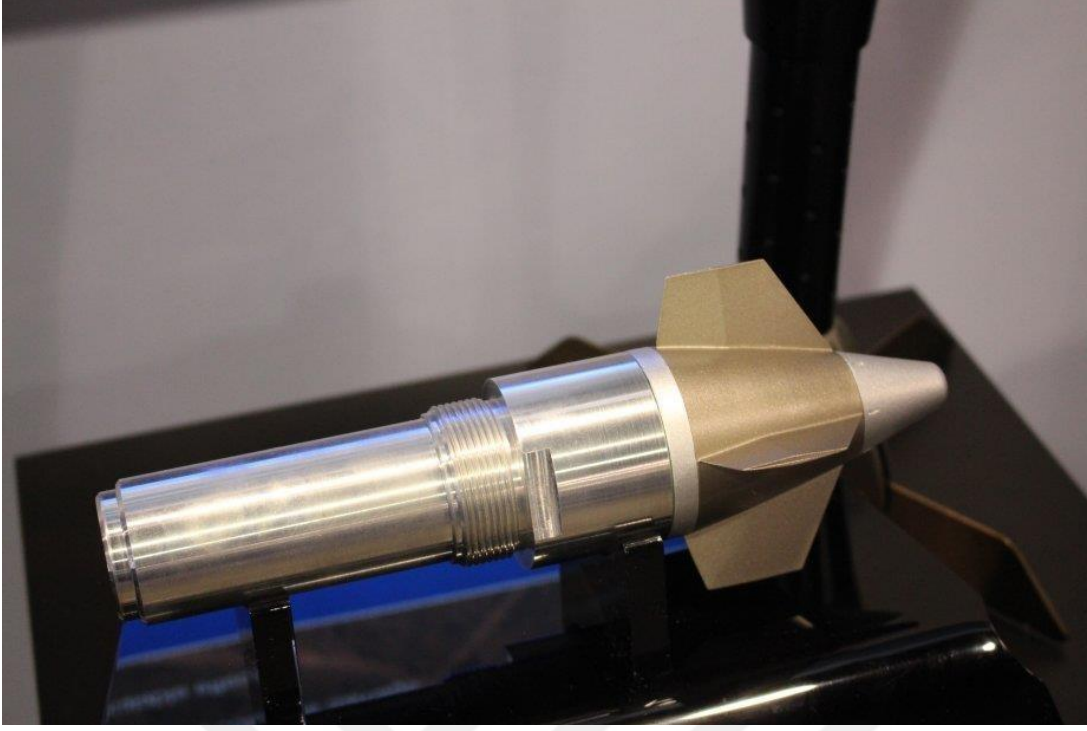
GLONASS (Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema): Rusya tarafından geliştirilmiş ikinci kuşak bir küresel uydu konumlandırma sistemidir.

Galileo: Avrupa Birliği tarafından ABD Ordusunun denetimi altındaki GPS ile Rus GLONASS'a alternatif uydu yönleyici sistemidir.

INS (Inertial navigation system): INS, ivmeölçer ve açıölçer sensörleri kullanarak, hareket halindeki bir aracın mutlak konumunu belirler. Tamamen bağımsız olma özelliğine sahip olup, herhangi bir elektromanyetik yayın oluşturmada çalışır.

KKS destekli güdüm sistemi Küresel Konumlandırma Sistemi (KKS) (İng. Global Navigation Satellite System - GNSS): Bir sistemin üzerindeki alıcıları kullanarak dünyanın yörüngesinde dönen uyduların gönderdikleri zaman ve konum bilgilerinin kullanılarak kendi konumunu hesaplamasıdır. Şu anda dünya genelinde hizmet veren iki adet küresel konumlandırma sistemi vardır. Bunlardan birisi Amerika'nın GPS diğeri de Rusya'nın GLONASS sistemleridir. Mühimmatlarda KKS çözümlerinin kullanılması yüksek hassasiyetleri ve düşük maliyetleri sebebiyle çok yaygındır. Mühimmat uçuş esnasında üzerindeki KKS alıcısı yardımıyla uydulardan gelen verileri toplar ve kendi konumunu anlık olarak hesaplayarak yörüngeden ne kadar saptığını hesaplar. Bu esnada üzerindeki dönü ölçerler ile mühimmatın uzayda yaptığı açılar hesaplanır. Bu açı ve yörüngeden sapma değerleri kullanılarak yörüngeye tekrar girmek için gerekli olan kontrol yüzeyi komutlarını üretmektedir.

Konvansiyonel güdümsüz M549A1 155 mm topçu mermisi, maksimum menzilinde 267 m (876 ft) Dairesel Hata Olasılığına (CEP) sahiptir. Bu da mermilerin yarısının hedeflenen hedefin 267 metre yakınına düşmesinin beklenebileceği anlamına gelmektedir. M982 Excalibur, hedefe etkili bir şekilde 6 m (20 ft) mesafeden vuran güdümlü bir mermi olarak sahaya sürülmüştür ancak Amerikan Ordusu, Şekil 2.25'te gösterilen M1156'yı daha ucuz bir alternatif olarak geliştirmiştir. Bu sistem 50 m (160 ft) CEP değerini hedeflemektedir. Küçük aerodinamik kanatçıklar, sistemin mermiyi hedefe yönlendirmesini sağlamaktadır. GPS alıcısı, Hassas Güdüm Kiti (PGK)'nın uçuş düzenini, çarpması gereken yerin koordinatlarıyla karşılaştırır ve kanatçıklar, yörüngenin gerçekte çarpacağı yere uyacak şekilde yolunu ayarlamaktadır [86].



Şekil 2.25. M1156 PGK Tapa [87]

2.3.5.2. Havan Tapası Tasarım Detayları ve Testleri

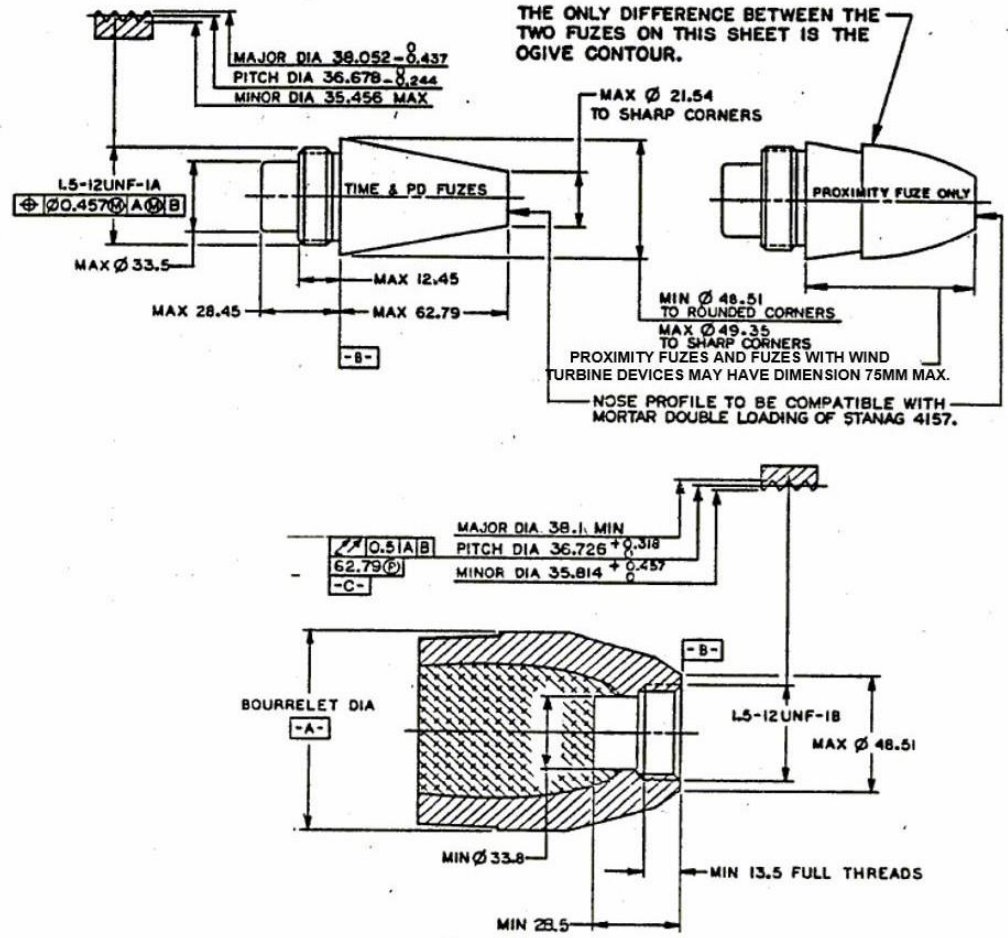
2.3.5.2.1. Havan Tapasının Çalışma Prensibi

Standart tapa güvenlik yönetmelikleri, tüm güvenlik kurma mekanizmalarının, tapanın bir silahtan ateşleninceye kadar, kurulmayı önleyen en az iki güvenlik kilidine sahip olmasını istemektedir. Bu emniyet kilitleri, merminin silahtan ateşlendikten sonra meydana gelebilecek ortamlara maruz kalana kadar emniyette kalmalıdır. İki emniyet kilidinin bağımsız ve farklı ortamlara tepki vermesi beklenmektedir. Bahsedilen ortamlardan birincisi, merkez hattın etrafında merminin hızlı dönüşü ile üretilen merkezkaç kuvvetidir. İkincisi ise emniyet kilidi gerileme pimi vasıtasıyla sağlanmaktadır. Havan grubu ikinci grup emniyet kilidine sahiptir. Bu emniyet kilidi, mühimmat namludan çıkarken atalet kuvvetinin etkisiyle gidiş yönü tersine rotoru tutan aksamın serbest kalmasını sağlamaktadır. Rotor da kurma yayı veya ağırlık merkezinden dolayı dönerek, rotor üzerindeki kapsülün ateşleme iğnesi veya elektrikli ateşleyici ile aynı hizaya gelmesini sağlamak ve bu şekilde patlayıcı zinciri tamamlanmış olmaktadır.

2.3.5.2.2. Havan Tapa Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar

Yerli, modüler ve maliyet etkin tasarım kriterleri göz önünde bulundurularak tasarlanacak havan tapası, NATO ülkelerinin kullandığı havan mühimmatları ile uyumlu ve aşağıda yer alan hususlara uygun olmalıdır.

- ✓ Yapılacak havan tapası tasarımı, dış balistik formu Şekil 2.26’da verilen STANAG 2916’ya uygun olmak zorundadır.



Şekil 2.26. STANAG 2916 havan tapası dış balistik formu [88]

- ✓ Birbirinden bağımsız çift emniyet sistemine sahip olmalıdır. Bu emniyet, tapa tasarım aşamasında doğrulanmalıdır. Bu bağımsız güvenlik önlemlerinden herhangi birisi, istenmeyen bir paralanma durumunu tek başına önleyecek kapasitede olmalıdır. Bu iki güvenlik önleminin eş zamanlı olarak çalışma esnasında hata verme ihtimali çok düşük olmalıdır [89].
- ✓ Üretim ve işçiliği kolay olmalıdır.

- ✓ Maliyet açısından dünyada diğer tapa üreticileriyle rekabet edebilecek seviyede olmalıdır.
- ✓ Balistik açısından mühimmat ile uyum içinde çalışabilmesi için uygun ağırlıkta olmalıdır. İstenilen ağırlık için malzeme ve tapa iç geometrisi ile ilgili değişiklik yapılabilir.
- ✓ Detonatör ve detonatörle reaksiyona girmeyecek dış kılıf malzemesi seçilmelidir. Detonatör ile ilgili yapılan literatür incelemelerinde patlayıcı zincirinin kendiliğinden başlatılmasında bakır azid varlığı büyük risk oluşturmaktadır. Çünkü bu yapı, hafif bir darbe veya şok sonucu reaksiyona girebilecek oldukça hassas bir bileşiktir. Bakır azid, kurşun azidin patlayıcı içindeki dönüşümü nedeniyle, tapa içerisinde yer alan bakır bazlı bileşenleri ile birlikte oluşabilmektedir. Literatürde bakır azid oluşumuna bağlı ölümcül kazalar açıklanmaktadır [54].
- ✓ Tapa içerisinde yer alan patlayıcılar, mermi gövdesindeki ana patlayıcıyı kararlı ve homojen bir şekilde aktif edebilmelidir. Yani tapa içindeki patlayıcıların gerekli ısı ve şok etkisini ortaya çıkarabilmesi gerekir.
- ✓ Tasarlanacak olan tapanın tahribatsız bir şekilde minimum maliyetle test edilebilir olması gerekir.
- ✓ Tapanın namlu önü emniyeti ve kesin olarak çalışması gereken mesafe için güvenlik ve kurma mekanizması içerisinde yer alan rotorun geometrisi, dişli grubu, pandül seçimi ve yay kuvvetleri kritik öneme sahiptir.
- ✓ Atış esnasında mühimmatın min ve maks. barut hakkında maruz kalacağı eksenel ivme kuvvetlerinde tapanın çalışması gerekmektedir. Bu sebepten G pimi ve yay seçimi kritik öneme sahiptir. Aşağıda havan mühimmatlarına ait farklı barut haklarında maruz kalınan eksenel ivme ve menzil bilgileri verilmiştir.
 - 60 mm MK2 havan mühimmatının 0. Barut hakkında maruz kalacağı maksimum basınç 13 MPa, 6. barut hakkında maruz kalacağı maksimum basınç 54 MPa'dır.
 - 81 mm MK4 havan mühimmatının 0. barut hakkında maruz kalacağı maksimum basınç 15 MPa, 7. barut hakkında maruz kalacağı maksimum basınç 90 MPa'dır.

- 120 mm MK2 havan mühimmatının 1. barut hakkında maruz kalacağı maksimum basınç 15 MPa, 9. barut hakkında maruz kalacağı maksimum basınç 190 MPa'dır [90-94].
- 60, 81 ve 120 mm havan mühimmatların farklı barut hakları için hesaplanan eksenel ivme değerleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bu çizelge ışığında havan tapasının maruz kalacağı minimum ve maksimum eksenel ivme değerlerine göre ateşleme iğne mekanizması tasarımları gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 2.1. Bazı havan mühimmatlarının balistik değerleri

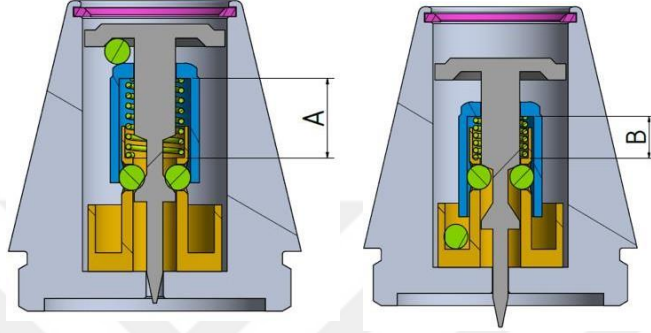
Mühimmat		Barut hakkı									
Türü/Özellği		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60 mm Havan	Maks. basınç (MPa)	13	16				45	54			
	G değeri	2093	2576				7245	8695			
	Menzil (m)	561	891				3500	3933			
81 mm Havan	Maks. basınç (MPa)	15	25			50	70	85	90		
	G değeri	1894	3157			6313	8839	10733	11363		
	Menzil (m)	591	1521			4597	5334	6148	6669		
120 mm Havan	Maks. basınç (MPa)		15						120	150	190
	G değeri		1185						9475	11845	15003
	Menzil (m)		1700						7400	8500	9000

- Ateşleme iğne sisteminin G kuvvetinin belirlenmesi testi: kilitli durumdaki ateşleme iğnesinin serbest kalabilmesi için gerekli olan eksenel ivme kuvvetini belirlemek adına yapılan testtir. Bu testte atalet kuvvetini etkileyen en önemli unsur yaydır. Bu sebepten, Şekil 2.27'de gösterilen sistemin emniyetli (A) ve emniyetsiz pozisyonuna (B) göre yayın boyu kritik öneme sahiptir. Sistemin emniyetsiz pozisyona geçebilmesi için kovanın yayı sıkıştırarak B pozisyonuna çekilmesi gereklidir. Bu sebepten, yayın B mesafesi kadar sıkışık durumu yay

tansiyon cihazında ölçülerek F (kuvvet) değeri bulunmaktadır. Belirlenen F kuvveti ve eşitlik (2.1) yardımıyla da G kuvveti hesaplanır.

$$F = m.a.G \quad (2.1)$$

Burada F (N) kuvvet değerini, m (kg) kovanın ağırlığını ve a (m/s^2) ivme değerini göstermektedir.



Şekil 2.27. G kuvveti hesabındaki emniyetli (a) ve emniyetsiz (b) mesafe gösterimi,

- G kuvveti – RPM dönüşüm hesaplaması: G tezgâhı, spindle motor ve motorun çevirdiği bir kol'a sahiptir. Bu sebepten, G kuvvetine karşılık gelen gerekli motor devir miktarı bulunmalıdır.

$$F = m.r.\omega^2 \quad (2.2)$$

$$F = m.g \quad (2.3)$$

$$\omega = \frac{n.2\pi}{\text{min}} \quad (2.4)$$

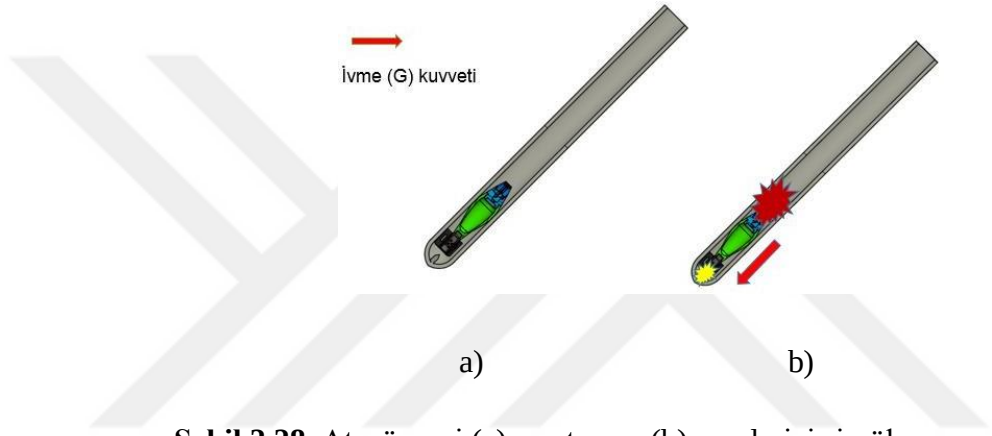
$$G = \frac{r.n^2.(2\pi)^2}{3600.s^2.980} \quad (2.5)$$

$$n = 298,94. \sqrt{\frac{G}{r}} \quad (2.6)$$

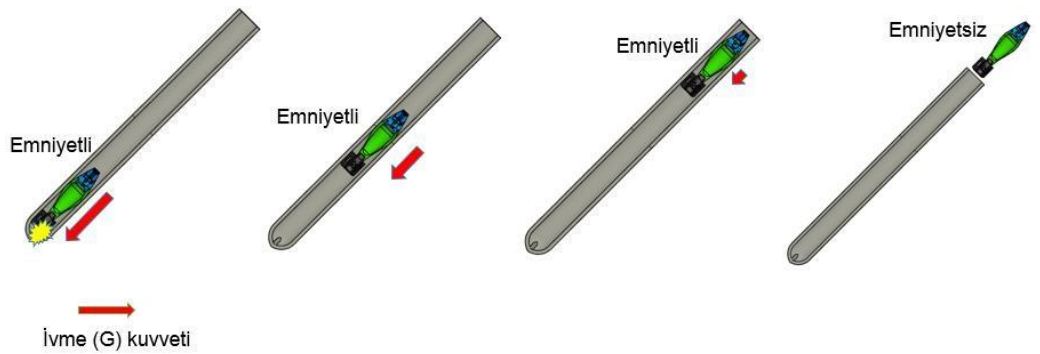
Burada, n (dev/dak): tapanın kurulması için gerekli devir sayısını, G : geri çekilen kovanın almış olduğu ivmeyi, r (cm): G tezgâhına bağlanan tapadaki geri çekilen kovanın ağırlık merkezi ile tezgâhın motor mili merkezi arasındaki mesafeyi, f (N): kovanın geri çekilmesi için gerekli kuvveti, ω (rad/sec): RPM cihazının açısal hızını, g (m/s^2), yerçekimi

ivmesini ve m (kg): atalet kuvvetiyle geri çekilen kovanın ağırlığını ifade etmektedir [70].

- ✓ Tapa, nakliye ve depolama şartlarında içerisinde yer alan emniyet mekanizmalarını emniyetli pozisyonda tutabilmeli, atış sırasında emniyetsiz pozisyona geçtiğinde emniyet mekanizmalarını infilak gerçekleştinceye kadar kilitli tutabilmelidir. 60 mm havan mühimmatı ile güvenlik kurma mekanizması kurulu, mevcut üst gövde ateşleme sistemli tapa ile atış öncesi ve atış anı namlu simülasyonu Şekil 2.28’de, yeni ateşleme sistemli üst gövde ile atış anındaki namlu içi simülasyonu Şekil 2.29’da gösterilmiştir.

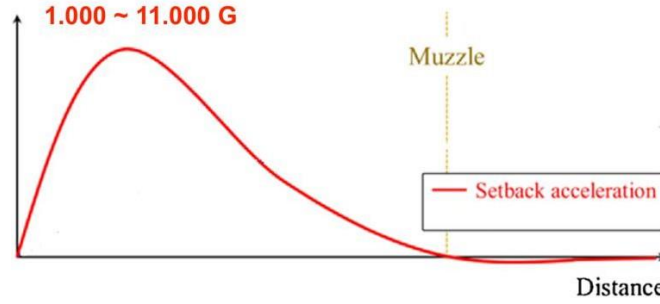


Şekil 2.28. Atış öncesi (a) ve atış anı (b) namlu içi simülasyonu (Mevcut ateşleme sistemi)



Şekil 2.29. Yeni ateşleme sistemli üst gövde ile atış anındaki namlu içi Simülasyonu

- ✓ Tapa, namlu içerisinde maruz kalacağı basınç ve eksenel kuvvetlere dayanabilmelidir. Havan mühimmatının atış anında namlu içinde maruz kaldığı ivme grafiği Şekil 2.30'da gösterilmiştir.



Şekil 2.30. Havan mühimmatının atış anında namlu içinde maruz kaldığı ivme grafiği

- ✓ Tapa korozyona, yüksek ve düşük sıcaklıklara, darbe ve sarsıntılara, belirli yüksekliklerden düşmeye karşı dayanıklı olmalıdır.
- ✓ Tapa sızdırmaz olmalıdır.
- ✓ Tapa yumuşak ve sert hedeflerde, hassas ve gecikmeli fonksiyonda istenilen yerde ve zamanda çalışmalıdır.
- ✓ Tapa otomatik yüklemeli silah sistemlerinde güvenilir bir şekilde çalışabilmeli, yükleme sırasında maruz kalacağı kuvvetlerden etkilenmemelidir.

2.3.5.2.3. Tapa Kompleksi Testleri

Tasarım süreçleri tamamlanarak numune sürecine geçildikten sonra tapa numuneleri aşağıda maddeler halinde belirtilen deney ve testlere tabi tutulurlar. Bu testler için standartlarda herhangi bir numune sayısı bilgisi yer almamaktadır. Numune sayıları ve test tekrarlama miktarları tasarımcının kendi tasarımına ve tecrübelerine göre belirlemektedir.

- Ölçüsel ve Görsel Kontrol Testleri
- Jolt (Darbe)Testi
- Jumble (Sarsıntı)Testi
- 3-9 metre Düşürme Testi
- Nakil Titreşim Testi

- Sıcaklık ve Nem Testi
- Tuz Sisi Testi
- Termal Şok Testi
- Sızdırmazlık Testi
- Atışlı Testler



3. MALZEME ve METOT

60, 81 ve 120 mm havan mühimmatlarında kullanılabilecek STANAG 4187 ve MİL-STD-1316'da belirtilen birbirinden bağımsız iki emniyet sistemine sahip, günümüz teknoloji otomatik yüklemeli havan silah sistemlerinde kullanılabilecek bir havan tapası geliştirilmiştir. Geliştirilen havan tapasını bütünleyebilmek için bu tapayı oluşturan aksamaların üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretimler tamamlandıktan sonra tapayı oluşturan tüm parçaların ilgili teknik resimlere uygunluğuna bakılmıştır. Parçaların uygunluğu teyit edildikten sonra tapa üst gövde kompleksi ve alt gövde kompleksi olarak iki kısım şeklinde bütünlenmiştir. Yapılan çalışmalarda güvenlik ve kurma mekanizmasının yer aldığı alt gövde kompleksi ile ilgili herhangi bir değişiklik yapılmamıştır ve gizlilikten dolayı detayları verilmemiştir. Alt gövde kompleksi, geliştirilen üst gövde kompleksinin çevresel ve atışlı testlerinde kullanılmıştır. Bu kapsamda alt gövde komplelerinin tamamı kurulma süresi testine maruz bırakılmıştır. Test sonrasında alt gövde kompleleri tekrar emniyetsiz durumdan emniyetli duruma getirilmiştir.

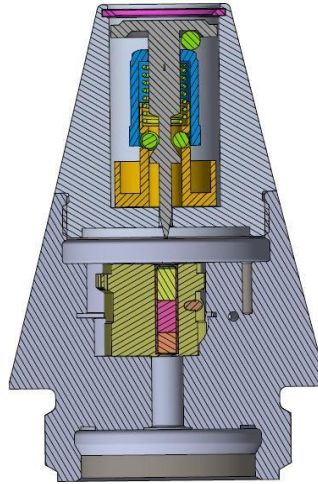
Üst gövdeler bütünlendikten sonra G testi için yay kuvveti ve diğer bileşenler baz alınarak test için gerekli motor devri belirlenmiştir ve bu değer belirlendikten sonra üst gövde kompleleri G testine maruz bırakılmıştır. G testi sonrasında üst gövde kompleleri tekrar emniyetli duruma getirilmiştir. Ayrıca mevcut üst gövde ve geliştirilen üst gövdenin sayısal modelleme ile ataletsel davranışları incelenmiştir.

Alt gövde ve üst gövde kompleleri yukarıda bahsedilen kontroller ve testlerden sonra bütünlenerek tapa kompleksi haline getirilmiştir. Tapa komplelerinin ölçüsel ve görsel kontrolleri yapılmıştır. Daha sonra tapalar çevresel ve performans testlerine maruz bırakılmıştır. Tüm bu testlerden sonra tapalar atışlı testlere tabi tutulmuştur.

Yapılan bu testler sayesinde, tapanın tüm ömür döngüsü boyunca maruz kalacağı ortamlara uygun olup olmadığının gözlemlenebilmesi amaçlanmıştır.

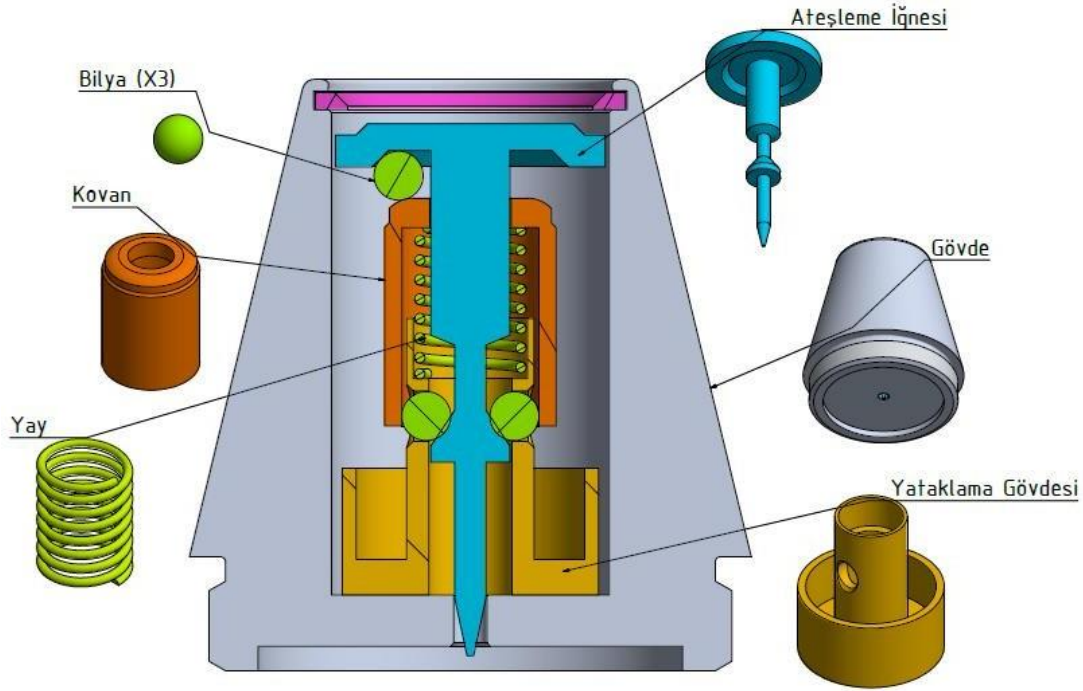
3.1. Malzeme

Mevcut havan tapasında bulunan iğne sistemi, atış esnasında merminin aldığı ivmenin etkisiyle atış yönünün ters istikametine doğru geri çekilmektedir. Bu sırada, eğer tapanın güvenlik kurma mekanizması kurulu ise iğne detonatöre çarpmakta ve infilak gerçekleşmektedir. Yeni tasarlanan üst gövdede ise bu ihtimal bertaraf edilmiştir. Bu güvenlik sorununun ortadan kaldırılması amacıyla ve iğne sisteminin namlu içinde hareketini engellemek adına yeni bir güvenlik mekanizması tasarlanmıştır. Yeni sistemin tasarım süreçleri öncelikle bir katı modelleme programı yardımıyla oluşturulmuş olup tasarlanan havan sistemi Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Yeni emniyet sistemi tasarımı yapılırken; sistemin atış sırasında namlu içinde emniyetli olması, tapanın atış sırasında hedef üzerindeki etkinliğinin değişmemesi, iğnenin GKM üzerinde yer alan detonatöre emniyetli mesafede olması, atış sırasında kullanılan atış cetvelinin değişmemesi için mevcut tapa ile aynı ağırlık ve dış balistik forma uygun olması gibi kritik durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Çünkü atış yapıldıktan sonra tapanın emniyetli bir şekilde silah sistemini terk etmesi ve hedef alınan koordinatlardan sapma meydana gelmemesi gerekmektedir. Sistemin tasarımı, havan mühimmatlarının namlu içinde maruz kalacağı en düşük ve en yüksek atalet kuvvetlerinde bütünlüğünü koruyacak ve çalışabilecek şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.1. Yeni ateşleme sistemli havan tapası

Tasarlanan havan tapası ateşleme sistemi ve bileşenleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Tüm bileşenlerin 3D CAD programı yardımıyla bilgisayar ortamında katı modelleri hazırlanmıştır. Çizelge 3.1’de tüm bileşenlerin fiziksel özellikleri ve üretim yöntemleri verilmiştir.



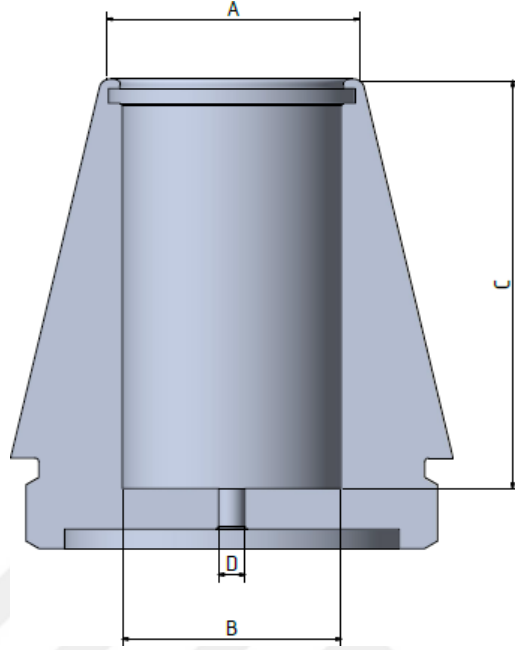
Şekil 3.2. Yeni ateşleme sistemli üst gövde ve bileşenleri

Çizelge 3.1. Ateşleme sistemli üst gövde imalatında kullanılan malzemelerin fiziksel Özellikleri (Gizlenmiştir)

Parça Adı	Malzeme	Yoğunluk (g/cm³)	Çekme Muk.(MPa)	Akma Muk.(MPa)	Sertlik	Üretim Yöntemi
Gövde	■	■	■	■	■	CNC Torna
Kovan	■	■	■	■	■	CNC Torna
Yataklama Gövdesi	■	■	■	■	■	CNC Torna
Ateşleme İğnesi	■	■	■	■	■	CNC Torna
Yay	■	■	■	■	■	CNC Yay Sarma
Bilya	■	■	■	■	■	Dövme/ Döküm

Tasarım yapılırken aşağıdaki unsurlar göz önüne alınmıştır:

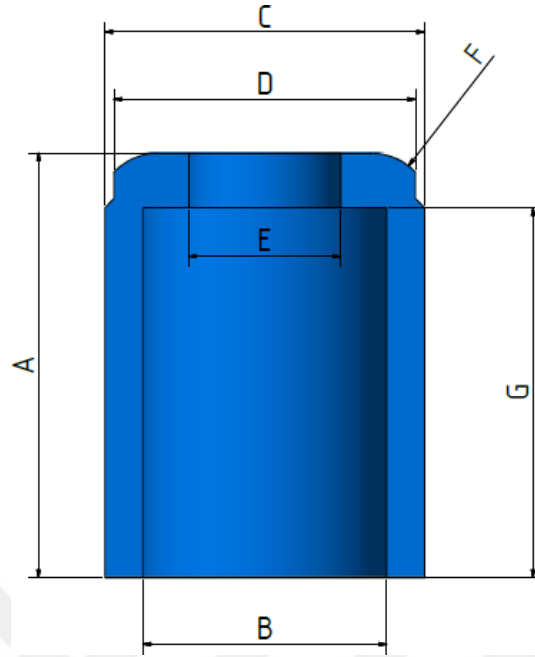
- Gövde



Şekil 3.3. Üst gövde tasarım kriterleri

Gövde tasarımı yapılırken mevcut üst gövde kompleksi ile aynı ağırlığı yakalayabilmek için Şekil 3.3'te verilen (B ve C) ölçülerde gövdenin iç kısmı boşaltılmıştır. Mevcut üst gövde malzemeden üretilmektedir (Gizlenmiştir). Ancak mevcut sistemde tapanın dış kısmı boyanmakta ve korozyona dayanıklı hale getirilmektedir. Yeni üst gövde kompleksinde işçilik ve maliyeti azaltmak için boyama işlemi kaldırılmıştır. Bu sebepten dolayı korozyona dayanıklı malzeme (Gizlenmiştir) kullanılmıştır. Üst gövde, ateşleme iğnesi ve yataklama gövdesinin rahat bir şekilde çalışabileceği şekilde tasarlanmıştır. Üst gövdenin üst çapı STANAG 2916'da yer alan en fazla ölçüye ve tasarım sırasında verilen (A) ölçüsüne uygun olarak tasarlanmıştır. Çünkü bu ölçü, atış sonrasında uçuş boyunca mühimmatın ön kısmından gelen hava akımına direkt maruz kaldığı için mühimmatın menzilini ve dağılımını etkilemektedir. (D) ölçüsü ateşleme iğnesine yataklama yapan ölçüdür. Bu ölçünün küçük olması ateşleme iğnesinin çalışmamasına neden olacaktır.

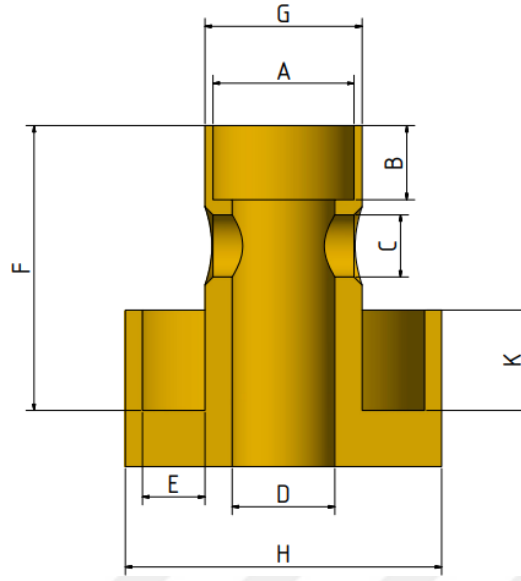
- Kovan



Şekil 3.4. Kovan tasarım kriterleri

Kovan tasarımı yapılırken Şekil 3.4'te yer alan ölçüler baz alınmıştır. (A) ölçüsü ateşleme iğnesinin doğru yer ve zamanda serbest kalmasını sağlamaktadır. Bu ölçünün büyük olması sistemin çalışmamasına neden olacaktır. Kısa olması durumunda ise bilyalar kilitli kalamayacağı için montaj dahi yapılamayacaktır. (B ve G) ölçüleri yaya yataklık yapmaktadır. Ayrıca (B) ölçüsü ateşleme iğnesinin hareketini kısıtlayan bilyalar ile teğet bir şekilde çalışmaktadır. Bu ölçünün büyük olması durumunda ateşleme iğnesinin kilitli kalması mümkün olamayacaktır. Bu ölçünün düşük olması durumunda ise sistem kilitlenecek ve çalışmayacaktır. (C) ölçüsü, üst kısımda yer alan ve G etkisiyle düşen bilyanın, üst gövde ve kovan arasındaki hareketine yataklık yapmaktadır. (D) ölçüsü, üst kısımda yer alan bilyanın kilitli kalmasını ve G etkisiyle serbest kalmasını sağlayan ölçüdür. (E) ölçüsü ateşleme iğnesine yataklık yapmak için verilmiştir. Bu ölçünün büyük olması ateşleme iğnesinin eksenden kaçmasına, düşük olması ise ateşleme iğnesinin kilitlenmesine neden olacaktır. (F) ölçüsü, üst kısımda yer alan bilyanın G etkisiyle serbest kalmasını kolaylaştıran ölçüdür.

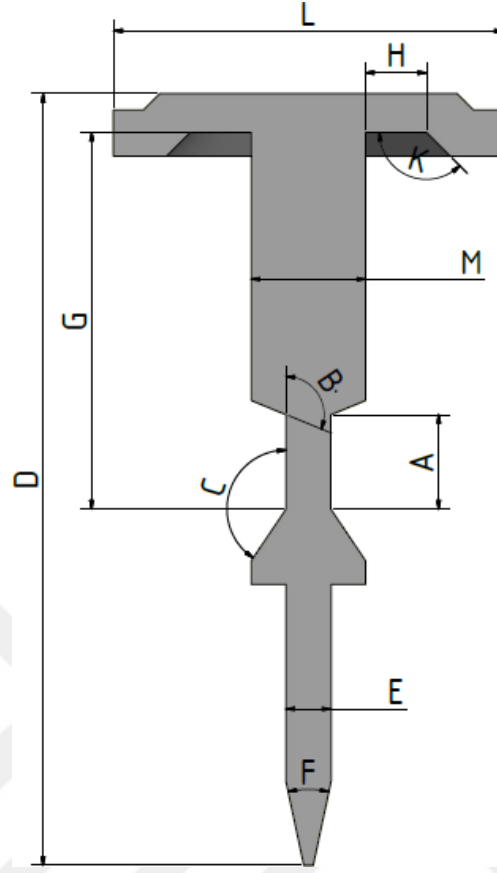
- Yataklama Gövdesi



Şekil 3.5. Yataklama gövdesi tasarım kriterleri

Yataklama gövdesi tasarımı yapılırken Şekil 3.5'te yer alan ölçüler baz alınmıştır. (A) ve (B) ölçüleri yaya yataklık yapmaktadır. (A) ölçüsünün yay dış çapının ölçüsünden büyük olması gerekmektedir. (B) ölçüsü yayın sıkışma ve serbest kalma sırasındaki boylarına göre tasarlanmıştır. (C) ölçüsü bilyanın rahat bir şekilde çalışabilmesi için kritik önem taşımaktadır. Bu ölçünün küçük olması durumunda bilya sıkışacak ve sistem çalışmayacaktır. (D) ölçüsü ateşleme iğnesine yataklık yapmaktadır. Bu ölçünün küçük olması durumunda ateşleme iğnesi kilitlenecek ve sistem çalışmayacaktır. (E) ölçüsü bilyaların içine düşmesi için verilmiştir. (F) ve (K) ölçüleri sistemin ağırlığını azaltmak ve dolayısıyla yataklama gövdesini hafifletmek için verilmiştir. Çünkü mevcut sistem ile aynı ağırlığı yakalamak elzemdir. (G) ölçüsü kovana yataklama yapmak ve kovan içinde sürtünmeyi en aza indirmek için verilmiştir. Bu ölçünün büyük olması durumunda yataklama gövdesiyle kovan birbirine kilitlenecek ve sistem çalışmayacaktır.

- Ateşleme İğnesi:

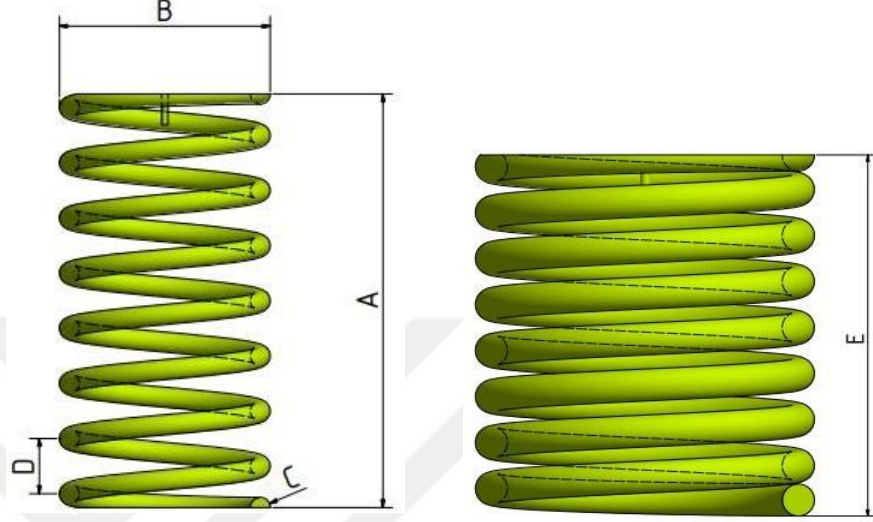


Şekil 3.6. Ateşleme iğnesi tasarım kriterleri

Ateşleme iğnesi tasarımı yapılırken Şekil 3.6’da yer alan ölçüler baz alınmıştır. (A) ölçüsü atış öncesi ve atış sonrası ateşleme iğnesinin hareketini kısıtlamaktadır. Bu ölçüye göre ateşleme iğnesi rotor üzerindeki detonatöre yaklaşıp uzaklaşmaktadır. Şekil 3.8’de gösterilen Montaj a) ve b)’de yer alan (B ve D) ölçülerini etkilemektedir. (B) ve (C) açıları eksenel ivmeye göre bilyaları kontrol etmek ve bilyaları sistemden dışarı atmak için kritiktir. (D) ölçüsü rotor üzerindeki kör deliğe ve detonatöre olan mesafeyi ayarlamak için önemlidir. Şekil 3.8’te gösterilen Montaj c)’de yer alan (F) ölçüsünü etkilemektedir. (E) ölçüsü üst gövde üzerinde yer alan (D) ölçüsüne göre ayarlanmıştır. Bu ölçünün düşük olması hem yataklama problemi oluşturacak hem de hedefe çarpma anında detonatöre merkezden vurmamaya sebebiyet verecektir. (F) ölçüsü iğnenin sivrilikliğini ayarlamaktadır. Sivrilik azalırsa detonatörün patlamama ihtimali ortaya çıkacaktır. (G) ölçüsü ateşleme iğnesi, kovan ve bilyaların pozisyonunu ayarlamak için çok kritik bir ölçüdür. Bu ölçüde yapılan bir hata sistemin çalışmamasına ya da ateşleme iğnesinin detonatöre gereğinden çok yaklaşmasına

neden olabilecektir. (H) ve (K) ölçüleri bilyayı kitlemek ya da serbest bırakmak için kritik bir ölçüdür. (L) ölçüsü ateşleme iğnesine merkezi bir şekilde üst gövdeye yataklama yapmak için verilmiştir. (M) ölçüsü kovanın (E) ölçüsü içinde rahat bir şekilde çalışması için önemlidir. Ayrıca bu ölçü yayın iç çapına yataklık yapmaktadır.

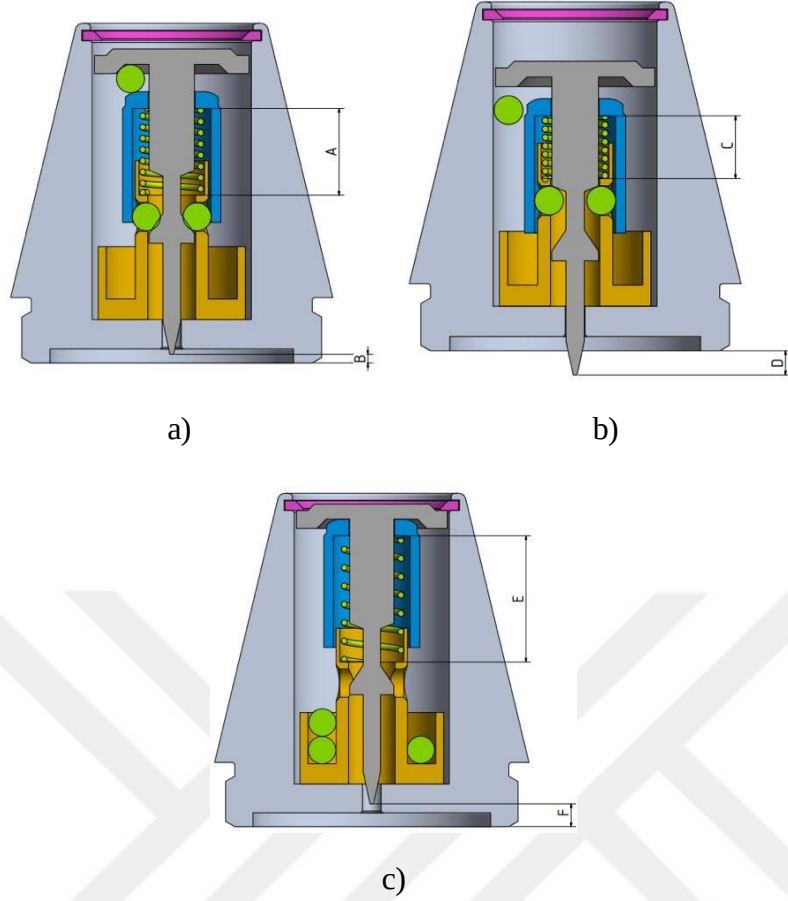
- Yay:



Şekil 3.7. Yay tasarım kriterleri

Yay tasarımı; Şekil 3.7’de yer alan ölçüler, yataklama gövdesi (A ve B), kovan (B ve G), ateşleme iğnesi çap (M) ve montaj resminde yer alan (A, C ve E) ölçüler baz alınarak yapılmıştır. Yay tasarımı yapılırken yay tam boyu, sarım sayısı, dış çapı, iç çapı, tel çapı ve sıkışık boyu montaj resminde yer alan (A, C ve E) ölçüler dikkate alınmıştır. Aynı şekilde yayın sıkışık (E) ölçüsündeki kuvvet değeri kritiktir. Bu kuvvet değeri, ateşleme iğne sisteminin 1000 G’de emniyetli halden (Şekil 3.8.a), emniyetsiz (Şekil 3.8.c) durumuna geçmesi için önemli bir değerdir.

F kuvveti hesaplanırken Şekil 3.8.b’ye göre yayın sıkışık durumu (7 mm) yay tansiyon cihazında ölçülmüştür. Bulunan kuvvet değeri (1000 G), kovanın ağırlığı (1000 G) ve yer çekimi ivmesi değerleri kullanılarak Eşiklik 2.1 yardımıyla G değeri hesaplanmıştır. Bu kriterlere uygun olarak Şekil 3.7’de yer alan yay tasarlanmıştır.



Şekil 3.8. Montaj tasarım kriterleri; emniyetli (a), atış anı namlu içi (b) ve atış anı namlu çıkışı (c)

Bilya:

Sistemin emniyetli ve emniyetsiz duruma geçmesini sağlayan ana bileşendir. Bilya paslanmaz çelik olarak piyasadan hazır alınmıştır. Yeni ateşleme sistemli üst gövde aksamalarının üretimi Çizelge 3.1’de yer alan üretim yöntemlerine göre gerçekleştirilmiştir.

3.2. Metot

Geliştirilen tapanın tüm ömür döngüsü boyunca maruz kalacağı ortamlara uygun olup olmadığını belirleyebilmek için testlerin ve kontrollerin yapılması amaçlanmıştır. Tapalar, atış sırasında mühimmatın gidiş yönü tersine geri atalet kuvvetine maruz kalmaktadır ve üst gövdenin emniyetsiz duruma geçebilmesi için bu atalet kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır. Atalet kuvveti (G kuvveti) değeri 60, 81 ve 120 mm havan mühimmatlarının en düşük barut hakkında çalışabileceği bir değerin [90-94] altında

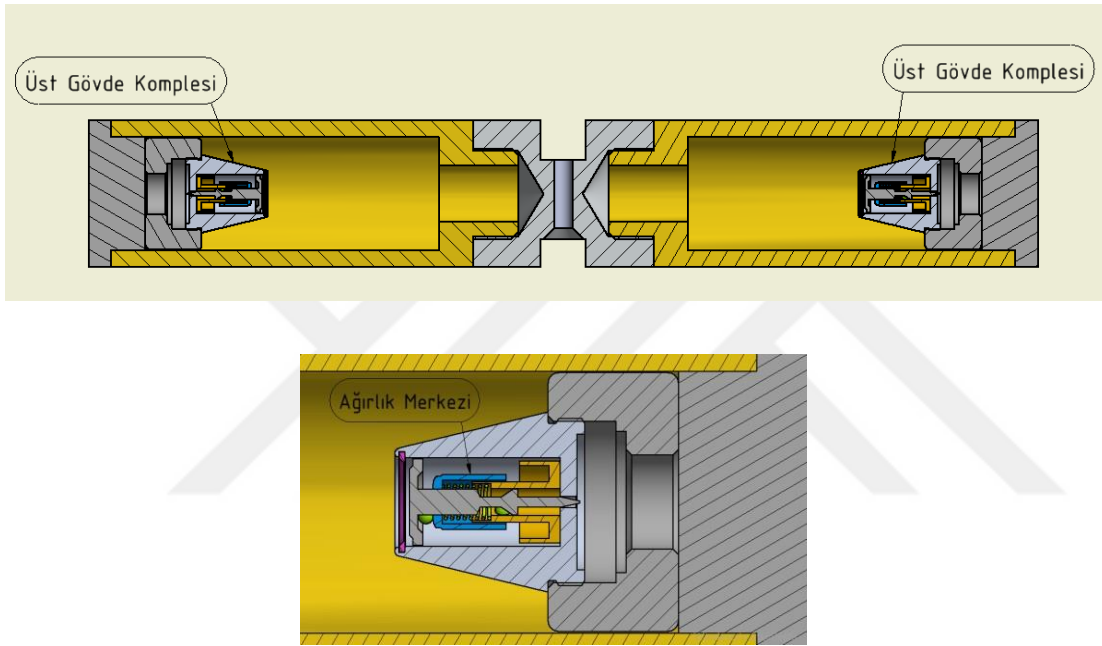
olmalıdır ve bu değer en az 1000 G olarak kabul edilmektedir. Bu atalet kuvveti değerini belirlemek ve doğrulamak için bazı testler yapılmıştır. Bu testlerin uygulama metodolojileri farklı olmakla beraber; hepsi de atış esnasında namlu içindeki mühimmatın maruz kaldığı eksenel ivme çerçevesinde, tapanın emniyetli olup olmadığını ve genel olarak ivmelenme sırasında ortaya çıkabilecek kararlı haldeki eylemsizlik yüklerine karşı malzeme güvenilirliğinin, bütünlüğünün ve performansının nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Tapa komplelerinin ölçüsel kontrolleri STANAG 2916'da [88] yer alan havan tapası ölçülerine ve tapaların çevresel ve performans testleri MIL-STD-331'e [95] göre yapılmıştır. Testler için hazırlanan numuneler; alt gövde testleri, üst gövde testleri ve tapa kompleleri testleri olmak üzere üç ana başlık altında testlere tabi tutulmuştur. Bu testler alt gövde kurulma süresi testi, üst gövde G kuvveti ve yay testi, tapa kompleleri burun çap, vida çap, kısmi boy, tam boy ve dış çap ölçüsel kontrol testleri, jolt (darbe) testi, jumple (karıştırma) testi, düşürme testi, titreşim testi, sıcaklık - nem testi, tuz testi, termal şok testi, sızdırmazlık testi, sayısal modelleme analizi ve atış testleridir. Tapa tasarımı yapılırken yukarıda yer alan standartlar referans alınmıştır. Ayrıca tapa tasarımı sırasında; maliyet, işçilik, test edilebilirlik, kararlılık ve üretim zamanı gibi etkenler göz önüne alınmıştır.

3.2.1. Alt Gövde Kurulma Süresi Ölçüm Testi

Alt gövdelerin kurulma süresini ölçmek için zaman test cihazı kullanılmıştır. Amaç, eksenden kaçık olarak bulunan detonatörün, eksene gelene kadar geçirdiğı süreyi ölçebilmektir. Cihazın çalışma prensibi şu şekildedir; tapa alt gövde numunesi tezgâha bağlandıktan sonra cihaz üzerindeki (mühimmatın namludan çıkışı sırasında maruz kaldığı eksenel ivmeyi simüle eden) kol aşağı indirilmektedir. Kol üzerinde 1000 G kuvvetine karşılık gelen ağırlıklar mevcuttur. Alt gövde içerisinde yer alan mekanizmanın dinamik hareketleri vasıtasıyla titreşim başlamakta ve tezgâhta bulunan piezo titreşim algılayıcılar vasıtasıyla titreşim boyunca geçen süre ölçülmektedir. Test cihazı MKE A.ř tarafından geliştirilmiştir.

3.2.2. Üst Gövde G Testi

Üst gövde kompleksi içerisinde yer alan iğne sisteminin atış sırasında namlu içinde maruz kaldığı aksenal ivmelenmeyi simule ederek iğne sisteminin tepkisini görebilmek için G test cihazı kullanılmıştır. Üst gövdenin G testi yapılırken iki adet üst gövde kompleksi karşılıklı olarak G cihazına, yataklama aparatı kullanılarak Şekil 3.9'da gösterildiği gibi yatay ve üst gövde burun kısmı iç tarafa bakacak şekilde yerleştirilmektedir. Tezgahta 1,4 kW, 18.000 RPM gücünde ... marka sürücü bulunmaktadır (Gizlenmiştir). Test cihazı MKE A.Ş tarafından geliştirilmiştir.



Şekil 3.9. Üst gövde kompleksinin G test cihazına bağlanması

3.2.3. Yay Tansiyon Testi

Yayların sıkışma kuvvetlerinin ölçümleri için Şekil 3.10'da gösterilen yay tansiyon cihazı kullanılmıştır. Cihazda, serbest boydaki yay ölçüsü (mm) referans alınıp, yaya kuvvet uygulayarak sıkışma miktarının ölçülmesi veya istenilen sıkışma miktarına göre uygulanması gereken kuvvet değerlerinin ölçümü yapılabilmektedir. Ölçüm işlemi için test edilecek yay cihazın tablasına dikey olarak konulduktan sonra üzerine kuvvet uygulanmış ve yay istenilen uzunluklarda sıkıştırılarak yaya uygulanan sıkışma kuvvetinin büyüklüğü cihaz üzerinde yer alan dijital ekrandan okunarak kaydedilmiştir. Burada hem mevcut hem de yeni tasarlanan iğne mekanizmasındaki

iki farklı yay test edilmiştir. Yay tansiyon cihazı 200 N kapasiteli markadır (Gizlenmiştir). MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Yay tansiyon cihazı

3.2.4. Ölçüsel ve Görsel Kontrol Testi

Hazırlanan tüm numunelerin, Şekil 2.26’da gösterilen STANAG 2916-Şekil 5’te havan tapası dış balistik forma uygunluğunu tespit edebilmek için, master ve ölçü aletleri kullanılmıştır. Bu kontrollerde; tapa burun kısım çap kontrolü (en fazla Ø21,54 mm), vida kontrolü (1,5”-12UNF-1A), merminin içine giren kısmi boy (en fazla 28,45 mm), tam boy (en fazla 91,24 mm) ve dış çap (Ø48,51-49,35 mm) ölçülerine bakılmıştır. Kontrol sırasında kumpas, mihengir ve vida mastarı kullanılmıştır.

3.2.5. Darbe (Jolt) Testi

Şekil 3.11’de gösterilen darbe test cihazı, numunelerin kullanım esnasında maruz kalabileceği darbelere karşı dayanımını belirlemek için karada taşıma koşullarını simüle eden bir laboratuvar güvenlik test cihazıdır. Bu test MIL-STD-331D test A1’e göre yapılmıştır. Tapa, belirlenmiş yönde ve genlikte seri haldeki darbelere maruz bırakılmaktadır. Tapalar; yatay, burun yukarı dikey, burun aşağı dikey olmak üzere üç

pozisyonda 1750 darbeye maruz bırakılmaktadır. Her bir kolun düşme yüksekliği 102 ± 5 mm, darbe hızı ise dakikada 35 ± 5 vuruşluk olmalıdır. Kol, kösele yastık üzerine vurmalıdır. Tapalar yarım-sinüs dalgası halinde (ivme tepe noktası $A = 230\pm 34,5$ g olan ve $D = 2,0\pm 0,2$ milisaniye süren) darbeye maruz kalmalıdır. Test sonrasında tapalar kullanım için güvenli olmalıdır. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



Şekil 3.11. Darbe test cihazı

3.2.6. Sarsıntı (Jumble) Testi

Taşıma ortamında oluşabilecek tekrarlı çarpmaları laboratuvar ortamında simüle etmek amacıyla numuneler sarsıntı test cihazında MIL-STD-331D test A2.1'e göre teste tabi tutulmuştur. Tapa, içinde serbest halde bulunduğu kapalı bir kutunun içinde oluşan çarpmalara dayanmalıdır. Test kutusuna 30 ± 2 RPM hızda toplam 3600 ± 10 tur atacak şekilde dönme hareketi tanımlanmış yada cihazda bu parametrelere göre sarsıntı simülasyonu başlatılmıştır. Tapanın, kutunun içinde serbestçe yuvarlanması sağlanacaktır. Kutunun iç ölçüleri (318mm x 445mm x 165mm), tapanın dış ölçülerinden büyük olmalıdır. Kutunun dönmesi sırasında tapa iç yüzeylere rastgele şekilde çarpacaktır. Test sonrasında tapalar kullanım için güvenli olmalıdır. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.

3.2.7. Düşürme Testi

Üretim, taşıma veya kullanım sırasında kazara düşürmelerin neden olacağı ciddi şokları simüle etmek amacıyla numuneler, düşürme test cihazında teste tabi tutulmuşlardır. Testler, MKE A.Ş envanterinde bulunan test cihazında yapılmıştır. Testlerde emniyetsiz alt gövdeler, yeni tasarlanan ateşleme sistemli üst gövde ve mevcut üst gövde ile birleştirilerek düşürme testine maruz bırakılmıştır. Düşürme

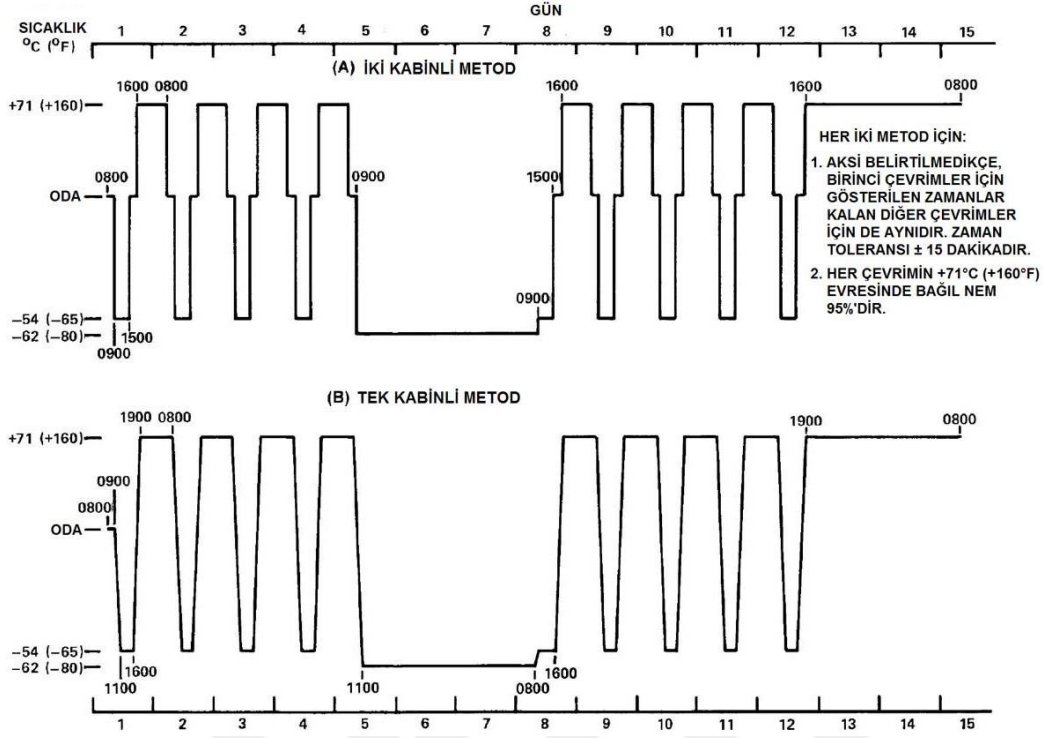
testinde tapalar, 6 kg'lık mermi ağırlığını temsil eden bir aparat üzerine tapa dibi üzerine düşecek şekilde monte edilmiştir ve en az 40 mm kalınlıktaki çelik levha üzerine düşürülmüştür. Düşürme yüksekliği 3-9 metre arasında 1 metre aralıklarla her bir tapa bir kez düşürülmüştür. Test sonrasında tapalar kullanım için güvenli olmalıdır. Düşürme testi yapılırken tapaların çelik levhaya çarptığı anda ne kadar G 'ye maruz kaldığı teorik olarak ve temel fizik formülleri kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.8. Sıcaklık Nem Testi

Şekil 3.12'de gösterilen sıcaklık ve nem cihazı, emniyet ve dayanıklılık için depolama koşullarını laboratuvar ortamında simule etmektedir. Tapa MIL-STD-331D Test C1'e göre tekrarlı çevrimlerle uç sıcaklıklara ve neme maruz bırakılmaktadır. Tapalar, +71°C ve -62°C' deki ek depolama periyotlarıyla birlikte dönüşümlü olarak +71°C ve -54°C uç sıcaklıklara maruz bırakılmaktadır. Test kabini, +71°C' lik periyotlar sırasında 95% bağıl nemde tutulmaktadır. Bu testi, tek veya iki kabin kullanarak gerçekleştirmek üzere iki metot bulunmaktadır. İki kabinli metotta, tapalar soğuk kabinde sıcak kabine ve tersi yönde taşınmaktadır. Tek kabinli metotta, kabin içerisindeki sıcaklık dokuz kez değiştirilerek tapalar benzer sıcaklık programına maruz bırakılmaktadır. Teste tabi tutulacak tapalar için iki kabinli metot tercih edilmiştir. Bu kapsamda ambalajsız tapalar 28 günlük programda (14 günlük 2 çevrim halinde) sıcaklık ve nem varyasyonlarına maruz bırakılmıştır. Test detayları Şekil 3.13'te gösterilmiştir. Test sonrasında tapalar fonksiyon yapmalıdır. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



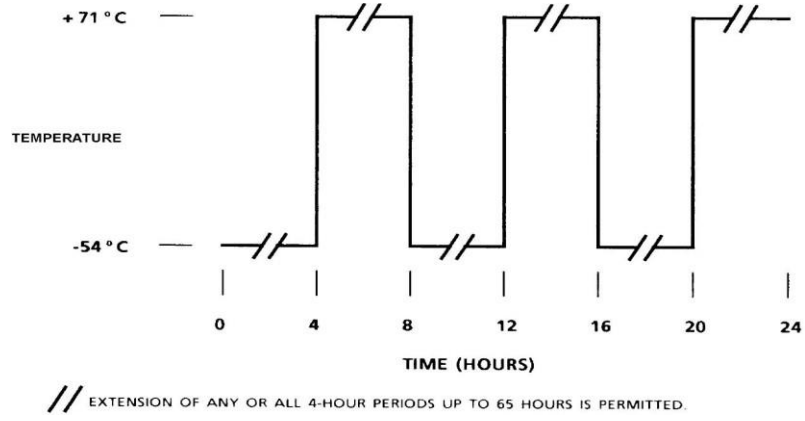
Şekil 3.12. Sıcaklık-nem cihazı



Şekil 3.13. Sıcaklık ve nem testi detayları

3.2.9. Termal Şok Testi

Bu test, mühimmatta kullanılan tapaların depolama ve çalışma şartları sırasında maruz kalabileceği ısı şokları simüle eden güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapanın, maruz bırakıldığı uç noktadaki düşük ve yüksek sıcaklıklardaki ani geçişlere dayanıp dayanmadığı Şekil 3.12’de gösterilen test cihazında MIL-STD-331D Test C7’e göre yapılmıştır. İklimlendirme kabinleri -54 ± 2 °C ve $+71 \pm 2$ °C sıcaklık değerlerine ayarlanmıştır. Test kalemleri, sıcaklığı -54 ± 2 °C’ye ayarlanmış kabine yerleştirilir ve bu sıcaklıkta 4 saat bekletilir. Ardından test kalemleri 1 dakika içerisinde $+71 \pm 2$ °C’de olan kabine transfer edilir ve bu sıcaklıkta 4 saat bekletilir. Şekil 3.14’te ısı şok çevrim tablosu gösterilmiştir. Yukarıdaki işlemler iki kez daha tekrar edilir. Test kalemleri kabinden çıkarılarak ortam koşullarında ya da $+21 \pm 6$ °C’de çalışan kabine alınmakta ve en az 16 saat bekletilmektedir. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



Şekil 3.14. Termal şok testi detayları

3.2.10. Titreşim Testi

Titreşim test cihazı, tapa kompleksi veya ambalajlı tapaların kara, hava ve deniz nakliyeleri ile lojistik hareketi sırasında öngörülen kombine titreşim ortamlarına dayanıklılığını simule etmektedir. Şekil 3.15'te titreşim test cihazı gösterilmiştir. Taşıma titreşimleri ve muadili ortamların lojistik aşaması; tapaların imal edildiği yerden başlamakta, çeşitli ara depo ve aktarma noktaları boyunca devam etmekte ve tapaların sahadaki kullanım ünitesine gönderilmesiyle son bulmaktadır. Bu test MIL-STD-331D madde B1.6.3.2.2'e göre yapılmıştır. Tapaların bulunduğu ambalajlar cihaza 3 eksenle (x, y, z) bağlanıp her eksenle 4'er saat olmak üzere toplamda 12 saatlik nakil titreşim testine tabi tutulmuştur. Test 10 Hz'den 60 Hz $\pm 3\%$ 'e kadar olan frekans aralığı, logaritmik bir dağılımda 24 ayrı frekans basamağı kullanılarak yapılmıştır. Titreşim genliği kalan frekans koruması için (adım 11 ila 24) 20 Hz'ye (Adım 10) kadar ve $2 \pm 0,2$ g zirve noktasına kadar çift genlikte $2,54 \pm 0,254$ mm ($0,10 \pm 0,01$ in) değerinde tutulmuştur. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



Şekil 3.15. Titreşim test cihazı

3.2.11. Tuz Sisi Testi

Şekil 3.16’da gösterilen tuz sisi test cihazı; tapa komplelerinin, nemli ve tuz buharı koşullarına maruz bırakılmasını simüle etmek için yapılmıştır. Bu test, $5\pm1\%$ oranında tuz ve 95% oranında bağıl nem ortamında hızlandırılmış bir korozyon dayanım testidir. Kullanılan tuzun (sodyum klorür) saflığı 99,5 – 100,5 % ve pH’ı 4,5 – 7,0’dir. Distile edilmiş su ile hazırlanan çözeltinin pH’ı 6,5-7,2, dozlama oda sıcaklığı 35°C (+1 -1,7 °C) olmalıdır. Bu test MIL-STD-331D Test C3’e göre yapılmıştır. Testler 48 saat uygulanmıştır. Test sonrasında numuneler üzerinde korozyon ibareleri olmamalıdır. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



Şekil 3.16. Tuz sisi test cihazı

3.2.12. Sızdırmazlık Testi

Şekil 3.17’de gösterilen sızdırmazlık test cihazı, tapa komplelerini suya daldırmaya tabi tutan bir laboratuvar güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapa, 10,7 m (35 ft) su derinliğine eşdeğer bir ortama daldırıldığında sızıntı yapmamalıdır. Bu test, MIL-STD-331D Test C4’e göre yapılmıştır. Test tankının içi oda sıcaklığındaki su ile uygun seviyeye kadar doldurulur. Tapa yerleştirildikten sonra su seviyesi, tüm tapa komplelerini aşacak düzeyde olmalıdır. Test tankının basıncı yaklaşık 1 atm (0,100 MPa (15 psig)) olacak şekilde ayarlanır. Tapalar bu basınçta 60 ± 5 dakika test tankının içinde tutulur. Test sonunda tapalar test tankından çıkarılır ve 2 dakika süreyle temizlenir. Ardından tapalar temiz bir bez parçası ile iyice kurutulur. Test bitiminde tapa demonte edilerek tapanın iç kısmına suyun nüfuz edip etmediğine bakılır. Ayrıca

test öncesinde ve sonrasında tapaların ağırlıkları 0,001 gr hassasiyetli elektronik hassas terazi ile ölçülmektedir. Test cihazı MKE A.Ş envanterinde bulunmaktadır.



Şekil 3.17. Sızdırmazlık test cihazı

3.2.13. Poligon Testi

Tapanın namlu önü emniyeti sağlayıp sağlamadığını ve hassas/gecikmeli fonksiyon durumunu test edebilmek için aşağıda açıklanan atışlı testleri yapılmıştır.

Hassas Fonksiyon Gösterme Testi: Bu test, mühimmatta kullanılan tapanın hedefe çarptığında hassas fonksiyon yaptığını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Tapalar zemine çarptığında gecikme olmadan zemin üzerinde patlamalıdır. Bu testlerde 60 ve 81 mm havan mühimmatı kullanılmıştır.

Gecikmeli Fonksiyon Gösterme Testi: Bu test, mühimmatta kullanılan tapanın hedefe çarptıktan sonra gecikmeli fonksiyon yaptığını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. 170 metre mesafeden 40 mm çam hedefe yapılmıştır. Tapalar hedefe çarptıktan sonra yaklaşık 60 ms gecikmeli olarak fonksiyon göstermelidir. Bu süre hızlı kamera ile tespit edilecektir. Bu testlerde 81 mm nötr havan mühimmatı kullanılmıştır.

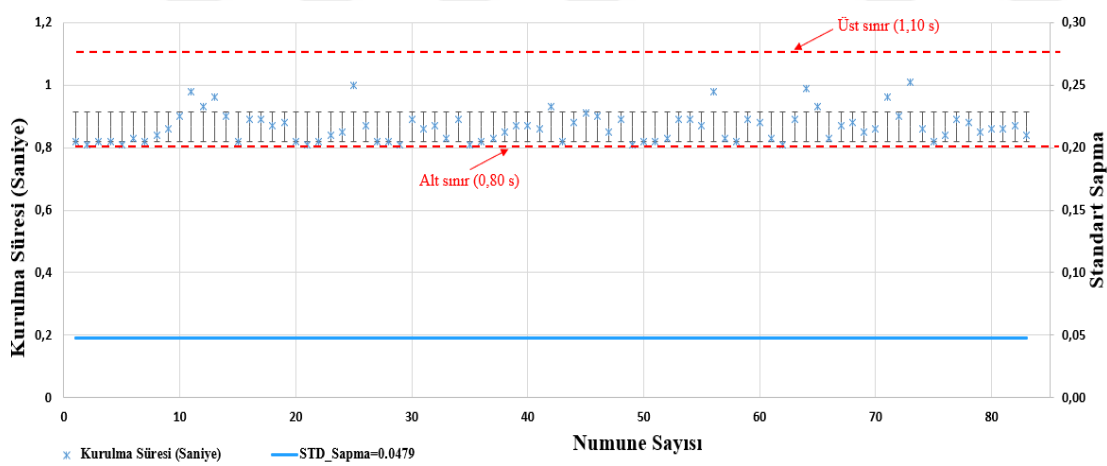
Namlu Önü Emniyeti Testi: Bu test, mühimmatta kullanılan tapanın namlu yakınında erken çarpmaya karşı emniyetli olduğunu kontrol etmek için yapılmaktadır. 35 metre mesafeden 40 mm kalınlıktaki çam hedefe yapılmıştır. Bu testlerde 81 mm nötr havan mühimmatı kullanılmıştır. Atışlı testler, Atış Test ve Değerlendirme Grup Komutanlığı Karapınar/Konya'da gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

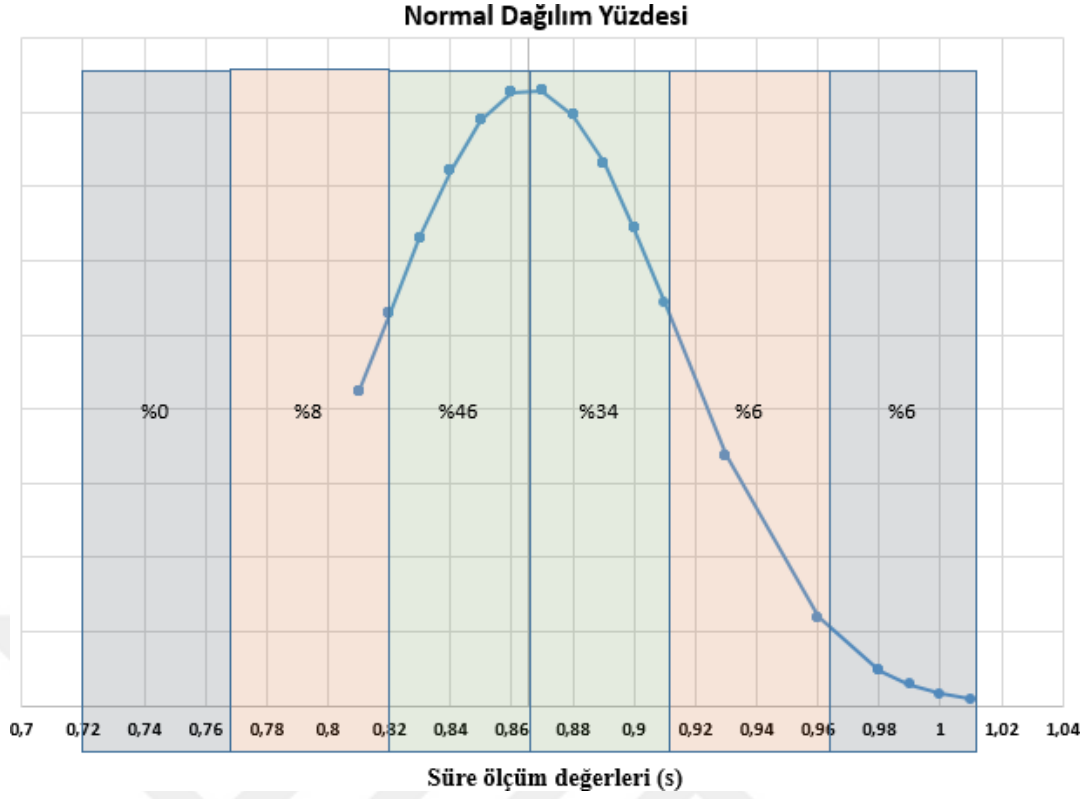
Bu çalışmalarda; yeni ateşleme iğne sistemiyle mevcut ateşleme iğne sistemi için deneysel testler yapılmış ve tapa modelleri sayısal analiz yazılımına aktarılarak sayısal olarak da analiz edilmiştir. Yeni ateşleme iğne sistemli tapalar ayrıca çevresel ve atışlı testlere de tabi tutulmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

4.1. Alt Gövde Kurulma Testi

Alt gövde içerisinde güvenlik kurma mekanizması bulunmaktadır. Güvenlik ve kurma mekanizması patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getirme işini belli bir süre içerisinde yapmaktadır. Bu sürenin ölçülmesi kritik öneme sahiptir. Bu sebepten hazırlanan numunelerin tamamı kurulma süresi testine tabi tutulmuştur. Alt gövde kurulma süresi test grafiği Şekil 4.1’de, normal dağılım grafiği Şekil 4.2’de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Alt gövde kurulma süresi test sonuçları



Şekil 4.2. Alt gövde kurulma süresi normal dağılım grafiği

Kurulma testinde, tüm numunelerdeki eksenden kaçık durumda bulunan rotorun test sırasında en az 0,8 saniye sonra patlayıcı zinciri eksenine geldiği görülmüştür. Burada belirtilen 0,8-1,1 sn süre, 60, 81 ve 120 mm havan mühimmatlarının farklı barut haklarındaki emniyetli mesafeyi kat edebileceği, herhangi bir standardı bulunmayan tasarıma özgü bir süredir. Test sonrasında, madde 4.3.4. düşürme testinde kullanılacak numuneler dışındaki kurulu alt gövde numuneleri tekrar emniyetli duruma getirilmiştir.

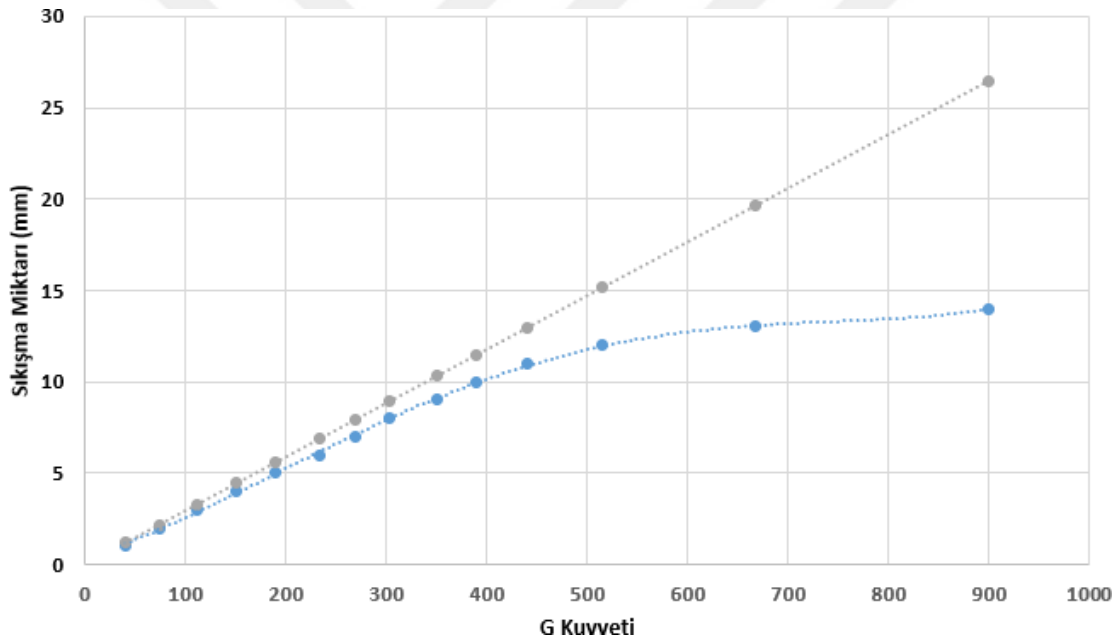
4.2. Üst Gövde Testleri

Üst gövde; üzerinde ateşleme sistemini barındıran, atış öncesinde, taşıma sırasında ve depolama esnasında bu ateşleme sisteminin sağır kalmasını sağlayan ancak atış sonrasında istenilen yerde tapanın ateşlemesini sağlayan yapıdır. Tapa atış sırasında mühimmatın gidiş yönü tersine geri atalet kuvvetine maruz kalmaktadır. Yeni tasarlanan üst gövdenin emniyetsiz duruma geçebilmesi için bu atalet kuvvetine ihtiyacı vardır. Atalet kuvveti (G kuvveti) değeri havan mühimmatlarının en düşük

barut hakkında maruz kalacağı G kuvveti değerine eşdeğer olması gerekmektedir. Bu sebepten tasarlanan üst gövdenin bu değeri sağlayıp sağlamadığını tespit edebilmek için yay testi ve G testi yapılmıştır. Ayrıca mevcut üst gövde ateşleme sistemine de G testi uygulanmıştır.

4.2.1. Yay Testi

Üst gövde testlerinde, yeni ateşleme sistemli üst gövdenin emniyetsiz pozisyona geçtiği G değeri yay tansiyon cihazından faydalanılarak **900** olarak bulunmuştur. Bu değer bulunurken yay tansiyon cihazında ateşleme iğne yayı (tam boy 21 mm) kademeli olarak sıkıştırılmış ve kovanın emniyetsiz olduğu (~10 mm) pozisyona kadar bu sıkıştırma işlemi devam etmiştir. Yay tansiyon cihazından her kademede kuvvet değerleri alınmış ve Eşitlik 2.1 yardımıyla G değeri teorik olarak hesaplanmıştır.



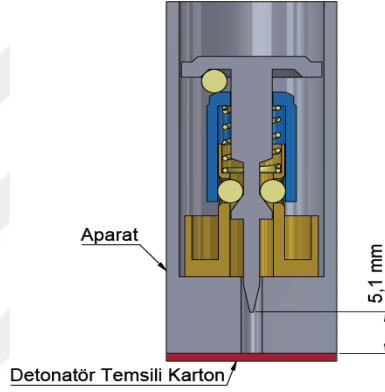
Şekil 4.3. Yeni tasarım ateşleme sisteminde yer alan kovanın G kuvveti– sıkıştırma miktarı grafiği

Yay tansiyon cihazında yay kademeli olarak sıkıştırılmıştır. Örnek olarak yay tansiyon cihazında yayın 6 mm sıkıştırıldığı durumda F kuvveti 6,87 N okunmuştur. $F=m.a.G$ formülünde m (kovan ağırlığı 3 g) ve a ($9,81 \text{ m/s}^2$) değerleri de yerine konulduğunda G değeri ~234 olarak bulunmuştur. Yay 7 mm olacak şekilde kademeli olarak sıkıştırılmış ve Şekil 4.3'te yer alan grafik ortaya çıkmıştır.

4.2.2. G Kuvveti Testi

- Yeni ateşleme sistemi G kuvveti testi: Yay testi yapılırken sürtünme kuvvetleri (ateşleme iğnesi, kovan ve bilyaların temas noktalarından kaynaklanan) hesaba katılmamıştır. Bu sebepten, atış koşullarını tam olarak simule edebilmek için G testi yapılmıştır ve yaklaşık **1000 G**'de tüm numunelerin emniyetsiz pozisyona geçtiği görülmüştür. G testi yapılırken yeni üst gövde iç formunun ölçülerini simule eden Şekil 4.4'te gösterilen aparat kullanılmıştır. Aparatın alt kısmında detonatör ile aynı mesafeye yerleştirilen ve güvenlik açısından detonatörü temsil eden karton bulunmaktadır.

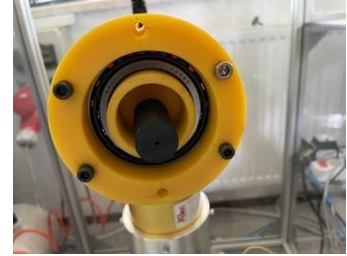
a)



b)

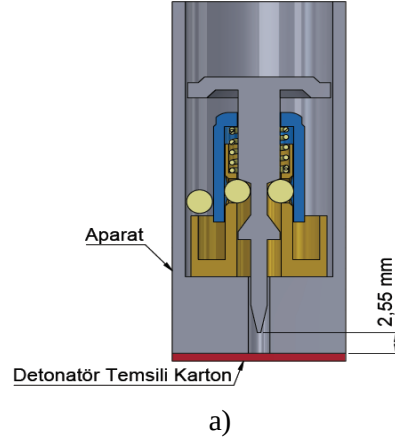


c)



d)

Şekil 4.4. Yeni üst gövde G testi öncesi katı modeli (a) ve test (b,c,d) görüntüleri

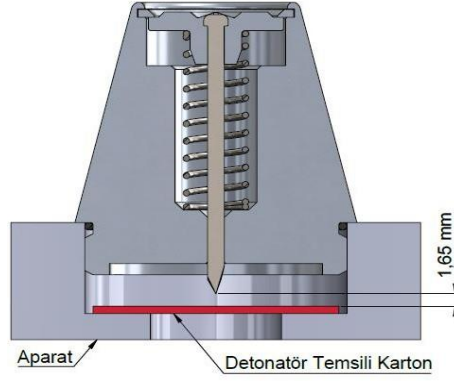


Şekil 4.5. Yeni üst gövde *G testi sonrası* katı model (a) ve test görüntüsü (b, c, d)

Ateşleme sistemi emniyetsiz pozisyona geçtiğinde karton ile temas etmemiştir. Şekil 4.5'te test sonrasında kurulu durumdaki mekanizmalar ve kartonun durumu görülmektedir. Test sonrasında, kurulu ateşleme sistemleri tekrar emniyetli duruma getirilmiştir.

- Mevcut ateşleme sistemi G kuvveti testi: Mevcut havan tapa üst gövdeleri de emniyet durumlarının belirlenmesi amacıyla G testine maruz bırakılmıştır. G testi yapılırken mevcut üst gövde iç formunun ölçülerini simüle eden Şekil 4.6'da gösterilen aparat kullanılmıştır.

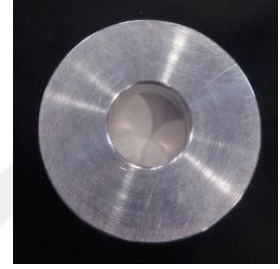
a)



b)

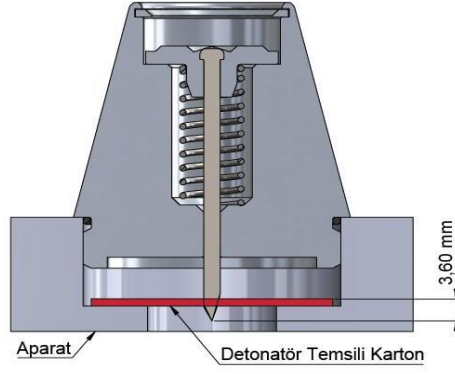


c)

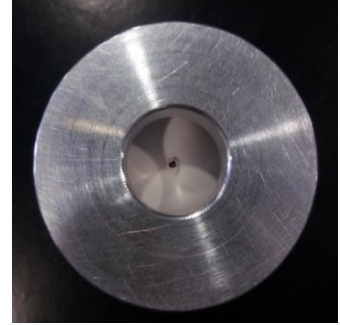


d)

Şekil 4.6. Mevcut üst gövde *G testi öncesi* katı model (a) ve test (b,c,d) görüntüleri



a)



b)

Şekil 4.7. Mevcut üst gövde *G testi sonrası* katı model (a) ve test görüntüsü (b)

Mevcut ateşleme iğnesinin 1000 G ivme ile çekildiği, Şekil 4.7’de detonatör ile aynı mesafeye yerleştirilen ve güvenlik açısından detonatörü temsil eden kartonun deformasyonundan görülmektedir. Temsili karton Şekil 4.6 (a)’da görülen ateşleme iğnesi ile arasında 1,65 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Test sonrasında ateşleme iğnesi kartona 3,6 mm nüfuz etmiştir (Şekil 4.7).

4.3. Tapa Kompleksi Testleri

Tapa kompleksi; alt gövde, üst gövde ve buster kısmının bütünlenmesiyle oluşan yapıdır. Bu komple, havan mühimmatının baş kısmına monte edilmektedir. Mühimmat sistemini güvende tutmakta ve istenilen yerde fonksiyon yapmasını sağlamaktadır. Tapa kompleksinin NATO standart ve şartnamelerine uygun olması gerekmektedir. Bu sebeplerden tapa kompleleri; ölçüsel kontrol testleri, jolt (darbe) testi, jumple (karıştırma) testi, düşürme testi, titreşim testi, sıcaklık-nem testi, tuz testi, termal şok testi, sızdırmazlık testi ve atış testlerine maruz bırakılmıştır.

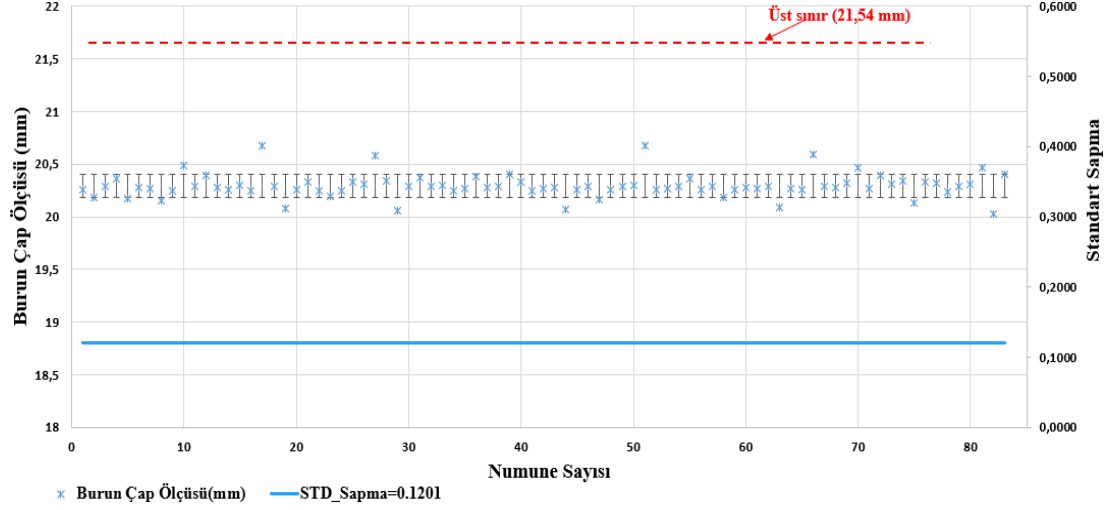
Tapa kompleksi ölçüsel kontrol testlerinde STANAG 2916 havan tapası balistik formu referans alınmıştır. Jolt testi, jumple testi, titreşim testi, sıcaklık - nem testi, tuz testi, termal şok testi ve sızdırmazlık testlerinde MIL-STD-331 referans alınmıştır. Düşürme ve atışlı testlerin şartları daha önce yapılan diğer tapa testlerindeki (AZDM 111 A2 tapası, MOD 502 tapası ve K510 tapası testleri) isterler ve tecrübelerden oluşturulmuştur.

4.3.1. Ölçüsel Kontrol Testi

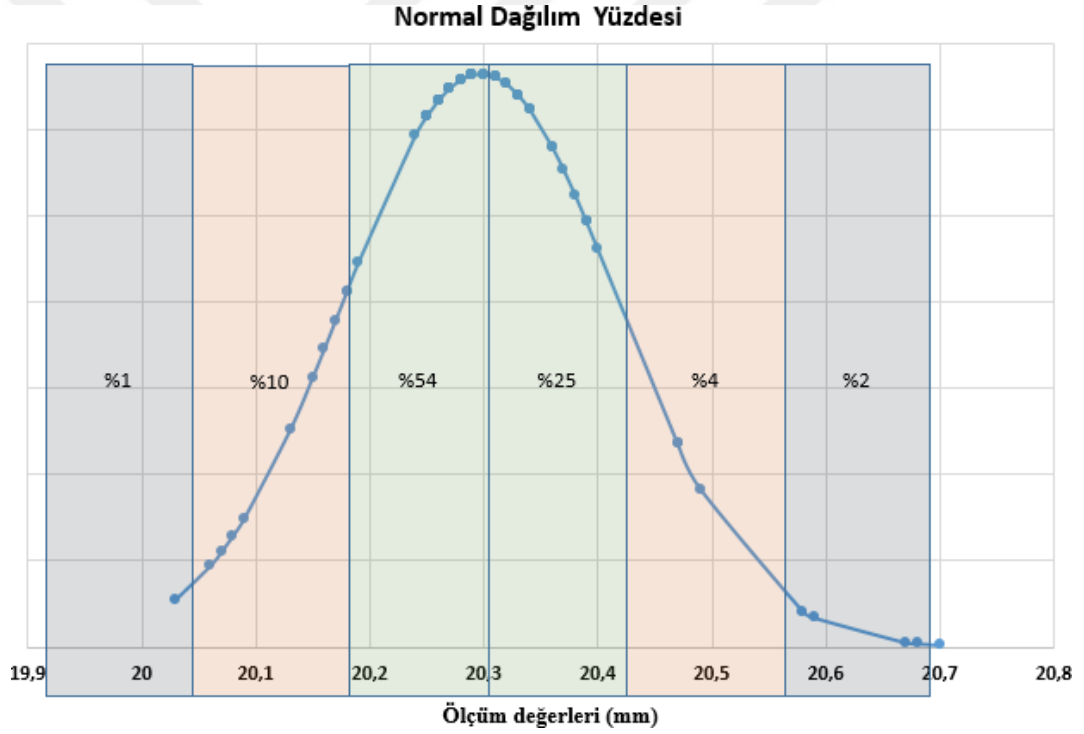
Tapanın burun çap, vida çap, kısmi boy, tam boy ve dış çap ölçülerinin kontrolleri STANAG 2916'ya göre yapılmış ve elde edilen ölçümsel kontrol sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1.1. Tapa Kompleksi Burun Çap Ölçümleri

Havan mühimmatı, fırlatma sistemi tarafından belli bir hedefe doğru yönlendirilip fırlatıldıktan sonra balistik uçuş yörüngesinde uçabilmesi için, tapanın burun çap ölçüsünün en fazla Ø21,54 mm olması gerekmektedir. Hazırlanan tüm tapa numunelerinin burun çap ölçüleri kumpas ile ölçülmüş ve ölçüm sonuçları Şekil 4.8'de verilmiştir. Ölçüm sonucunda tüm numunelerin burun çap ölçülerinin müsaade edilen üst sınırın altında olduğu ve STANAG 2916'ya uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8. Tapa kompleksi burun çap ölçü kontrol sonuçları



Şekil 4.9. Tapa kompleksi burun çap ölçüsü normal dağılım grafiği

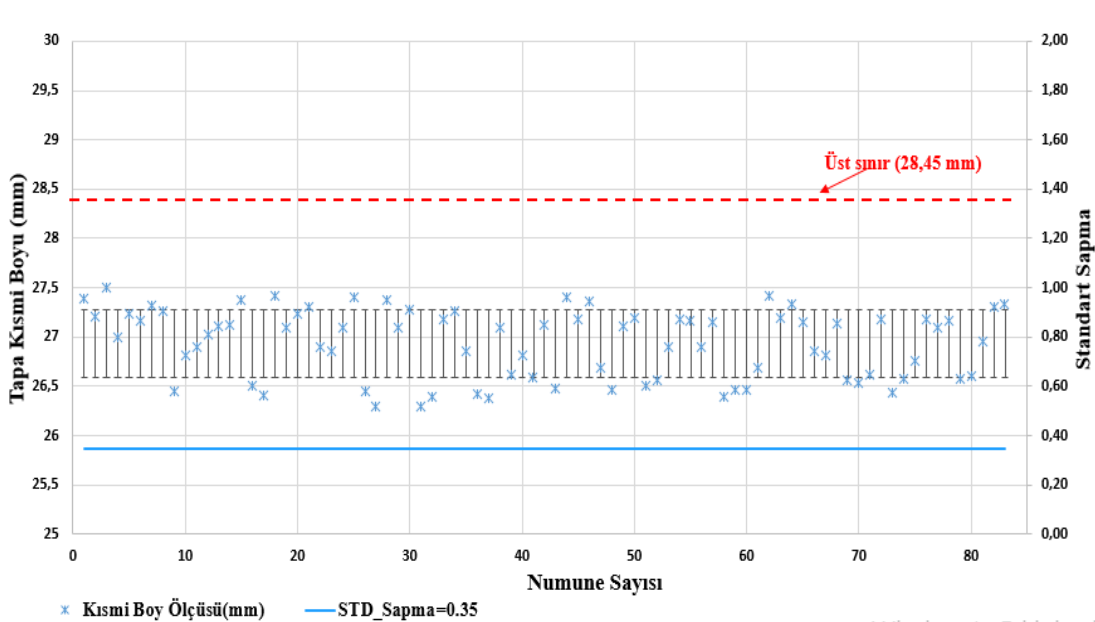
Üst gövdenin burun çap ölçüsünün en az 19,5 mm ve en fazla 21,54 mm olması gerekmektedir. Üst gövde atış sonrasında uçuş boyunca mühimmatın ön kısmından gelen hava akımına direkt maruz kaldığı için mühimmatın menziline ve dağılımını etkilemektedir. Bu sebepten uygun burun çap ölçüleri mühimmatın aerodinamiğine olumsuz bir durum ortaya çıkarmamıştır. Ayrıca Şekil 4.9'da tapa burun çap ölçüsü normal dağılım grafiği verilmiştir.

4.3.1.2. Tapa Kompleksi Vida Çap Ölçümleri

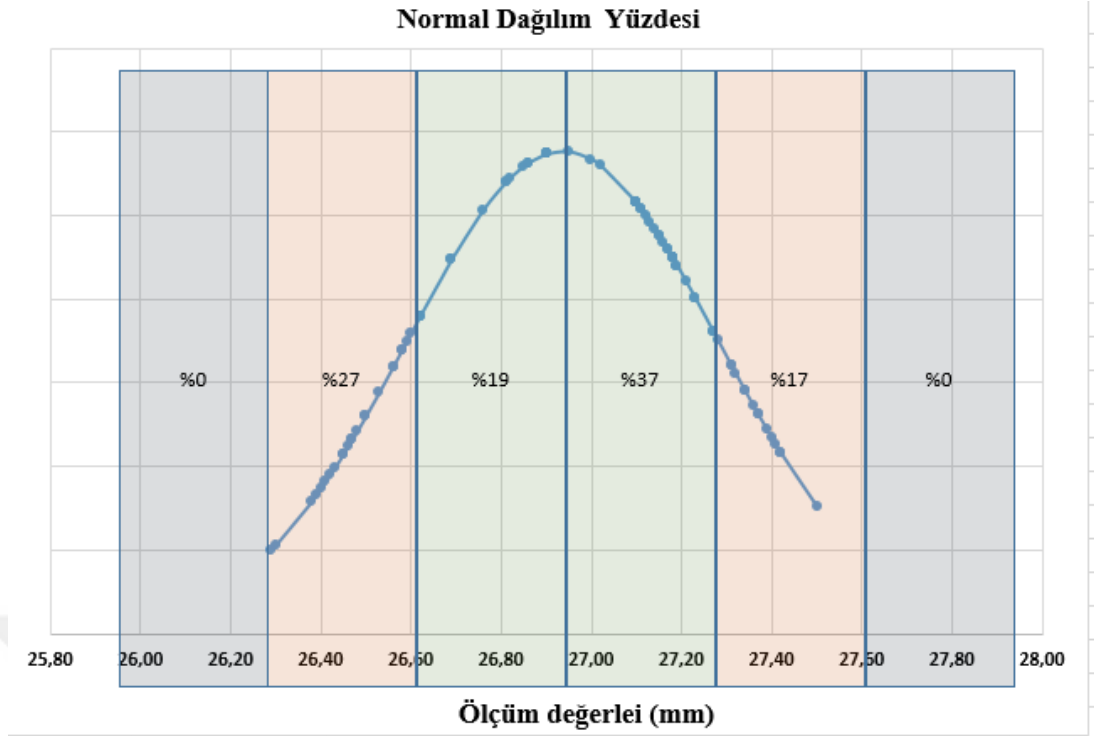
Tapanın, mühimmat ile bağlantı ara yüzünde yer alan vidanın uygun olması gerekmektedir ve bunun için vida ölçüsü STANAG 2916'da 1,5"-12UNF-1A olarak tanımlanmıştır. Vida tolerans ölçülerine uygun olan master ile tüm numuneler tek tek kontrol edilmiştir. Yapılan vida master kontrollerinde, tüm numunelerin mastara rahat olarak girdiği, boşluk oluşturmadığı ve dış kapmadığı görülmüştür. Numunelerin tamamı vida dış masterına uygundur.

4.3.1.3. Tapa Kompleksi Kısmi Boy Ölçümleri

Tapanın, mermi gövdesine vidalandıktan sonra mermi içerisindeki kalan kısmının patlayıcı ile temas etmemesi gerekmektedir. Mermi içerisinde kalan kısmın boy ölçüsü STANAG 2916'da tanımlanmıştır ve en fazla 28,45 mm olması gerekmektedir. Tapa kısmi boy ölçümleri, kalibrasyonu yapılmış olan mihengir ile ölçülmüştür ve ölçüm sonuçları Şekil 4.10'da verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.11'de tapa kısmi boy ölçüsü normal dağılım grafiği verilmiştir. Ölçüm sonucunda tüm numunelerin kısmi boy ölçülerinin müsaade edilen üst sınırın altında olduğu ve STANAG 2916'ya uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 4.10. Tapa kısmi boy ölçü sonuçları

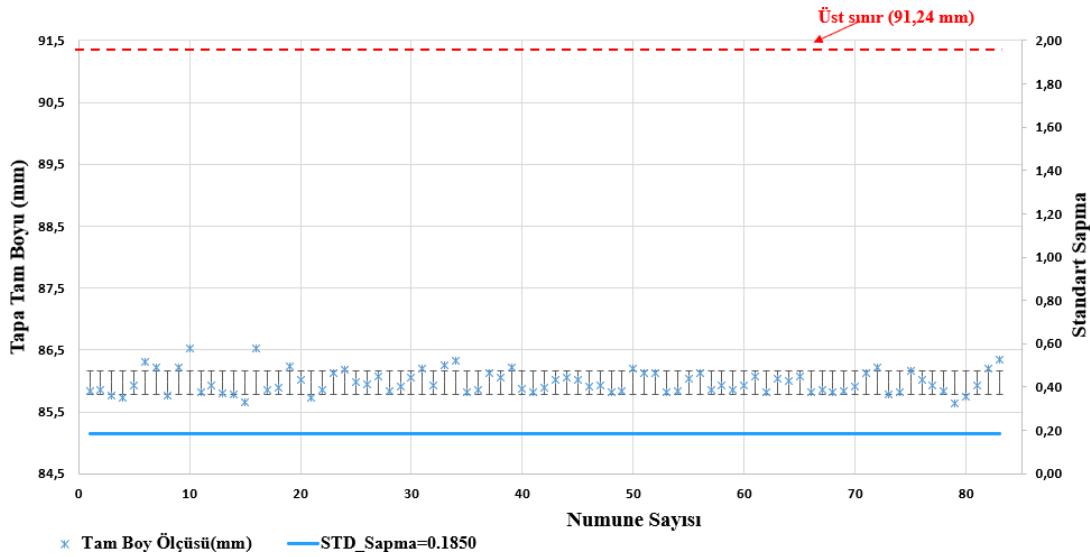


Şekil 4.11. Tapa kompleksi kısmi boy normal dağılım grafiği

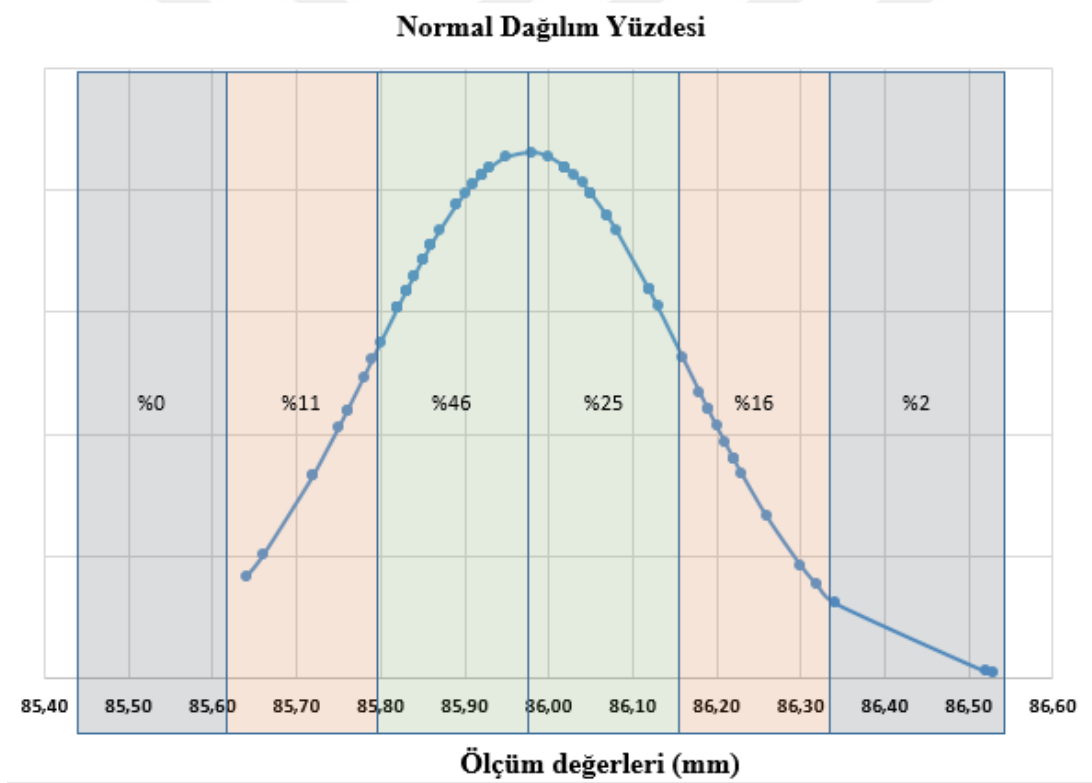
Tapa kompleksi kısmi boy ölçüsü tapa mühimmata vidalandıktan sonraki pozisyonu için önem arz etmektedir. Çünkü tapanın buster kısmi mühimmatın patlayıcı eczası içinde kalmaktadır. Buster kısmının patlayıcıya standartta belirtilen mesafeden uzak olması patlamayı olumsuz yönde etkilemektedir. Buster kısmının patlayıcıya yakın olması ya da temas etmesi durumunda vidalama esnasında metal yüzeyin patlayıcı ile sürtünmesine neden olacağı bilinmektedir. Ölçüm sonucunda tüm numunelerin kısmi boy ölçülerinin standartta belirtilen azami sınırdan düşük olduğu ve asgari 26 mm ölçüsünden yüksek olduğu görülmüştür.

4.3.1.4. Tapa Kompleksi Tam Boy Ölçümleri

Tapa kompleksinin tam boy değeri STANAG 2916'da maksimum 91,24 mm olarak tanımlanmıştır. Hazırlanan tüm numunelerin tam boy ölçümlerinin, standartta tanımlanan bu ölçüye uygun olup olmadığının kontrolü mihengir yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 4.12. Tapa kompleksi tam boy ölçü sonuçları

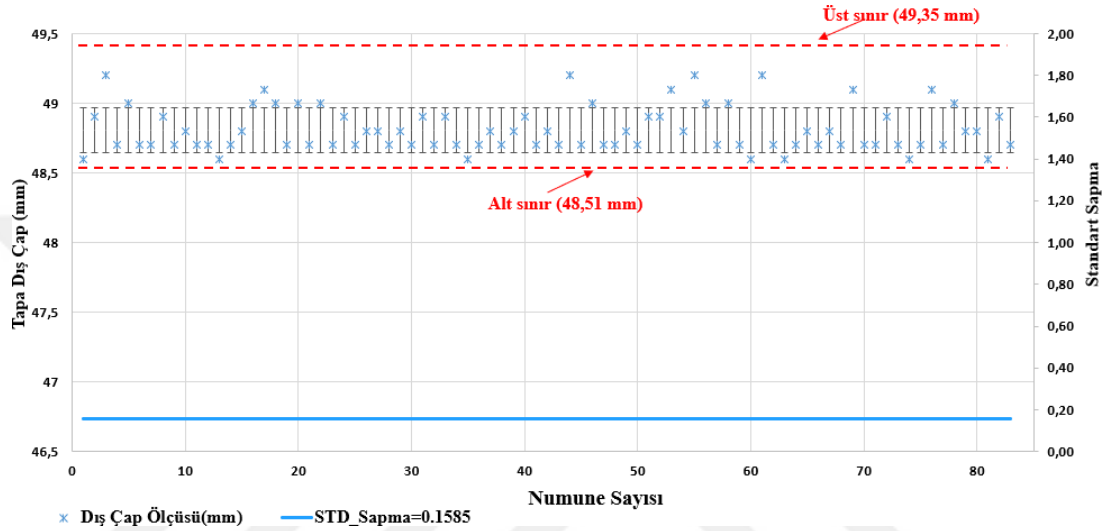


Şekil 4.13. Tapa kompleksi tam boy normal dağılım grafiği

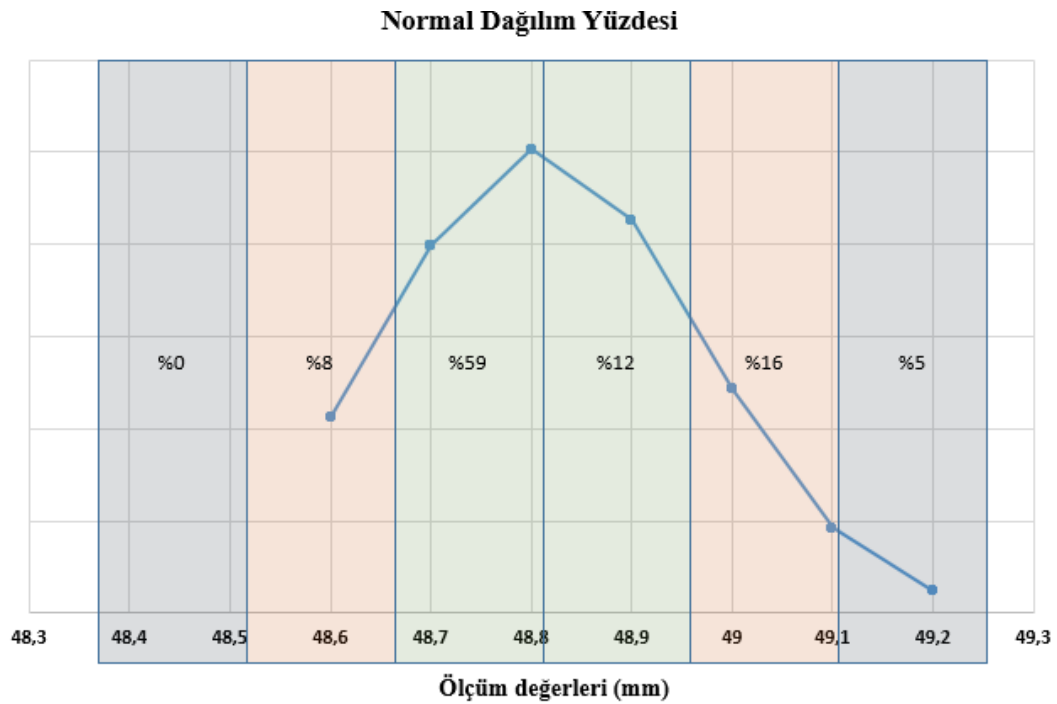
Yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarında tüm numunelerin STANAG 2916’ya uygun olduğu görülmüştür. Ölçüm sonucunda tüm numunelerin tam boy ölçülerinin standartta belirtilen azami sınırdan düşük olduğu ve asgari 84,5 mm ölçüsünden yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca Şekil 4.13’te tapa tam boy ölçüsü normal dağılım grafiği verilmiştir.

4.3.1.5. Tapa Kompleksi Dış Çap Ölçümleri

STANAG 2916'ya göre tapanın mühimmata vidalandıktan sonra, mühimmat balistik formu ile tapanın balistik formu arasında kademe farkı oluşmaması için dış çap ölçüsünün 48,51- 49,35 mm arasında olması gerekmektedir. Tüm numunelerin dış çap ölçümleri dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve ölçüm sonuçları Şekil 4.14'te verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.15'te tapa dış çap ölçüsü normal dağılım grafiği verilmiştir.



Şekil 4.14. Tapa kompleksi dış çap ölçü sonuçları



Şekil 4.15. Tapa kompleksi dış çap normal dağılım grafiği

Yapılan ölçümlerde numunelerin dış çap ölçülerinin STANAG 2916’da tanımlanan Ø48,51- 49,35 mm ölçü sınırları içerisinde olduğu görülmüştür.

4.3.2. Jolt (Darbe) Testi

MIL-STD-331D A1’de belirtildiği şekilde 3 adet numuneye darbe testi yapılmıştır. Numune seçiminde sayının MIL-STD-331D Şekil A1-1’de tanımlanan darbe cihazı koluna uygun olmasına dikkat edilmiştir. Numune miktarları ile ilgili standartlarda herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Dünyada yer alan tapa üreticileri bu testi yaparken numune sayısı olarak 3 ve 3’ün katlarını tercih etmektedirler. Test standartta belirtildiği gibi dakikada 35 ± 5 vuruşluk darbe hızı ile 1750 darbe olacak şekilde yapılmıştır. Bu testin tamamlanmasından sonra tapalar “Araçla taşıma, depolama, el ile taşıma ve kullanım açısından emniyetli olmalıdır (Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbiri patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamış olacaktır). Tapanın test sonrasında çalışmaması, bir red kriteri değildir” şeklinde tanımlı MIL-STD-331D A1, A1.3 test geçme kriterlerine uygun olarak tamamlanmıştır (Çizelge 4.1). Jolt (darbe) testi sonrası tapalar demonte edilmiştir. Demonte sırasında tapanın kurulmadığına (üst gövde ateşleme iğne sisteminde bilyaların yerinde durduğu, GKM içerisinde yer alan detonatör ile ateşleme iğnesinin aynı ekseninde yer almadığı) ve detonatörlerin patlayıp patlamadığına bakılmıştır.

Çizelge 4.1. Jolt (darbe) test sonuçları

Numune Numarası	Patlayıcı elemanlarda patlama varlığı	Tapanın kurulması	Sonuç
1	Yok	Kurulu değil	Uygun
2	Yok	Kurulu değil	Uygun
3	Yok	Kurulu değil	Uygun

Demonte sonrası tapanın kurulu olmadığı, içerisinde yer alan detonatörlerin patlamadığı görülmüştür. Darbe (jolt) testinden uygun sonuç alınmıştır.

4.3.3. Jumble (Karıştırma) Testi

MIL-STD-331D A2’de belirtildiği şekilde 2 adet numuneye karıştırma testi yapılmıştır. Numune seçiminde sayının (2 ve 2’nin katları olacak şekilde) MIL-STD-331D Şekil A2-1’de tanımlanan kutu sayısına uygun olmasına dikkat edilmiştir. Sarsıntı testi, standartta belirtildiği gibi kutunun dakikada 30 ± 2 RPM hızda ve 3600 kez döneceği şekilde icra edilmiştir. Bu testin tamamlanmasından sonra tapalar “Araçla taşıma, depolama, el ile taşıma ve kullanım açısından emniyetli olmalıdır (Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbirisi patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamış olacaktır). Tapanın test sonrasında çalışmaması, bir red kriteri değildir” şeklinde tanımlı MIL-STD-331D A2, A1.3 test geçme kriterlerine uygun olarak tamamlanmıştır (Çizelge 4.2). Yukarıda yer alan test geçme kriterlerinin kontrolü için karıştırma testi sonrası tapalar demonte edilmiştir. Demonte sırasında tapanın kurulmadığına (üst gövde ateşleme iğne sisteminde bilyaların yerinde durduğu, GKM içerisinde yer alan detonatör ile ateşleme iğnesinin aynı ekseninde yer almadığı) ve patlayıcıların patlayıp patlamadığına bakılmıştır.

Çizelge 4.2. Jumble (karıştırma) test sonuçları

Numune Numarası	Patlayıcı elemanlarda patlama varlığı	Tapanın kurulması	Sonuç
1	Yok	Kurulu değil	Uygun
2	Yok	Kurulu değil	Uygun

Demonte sonrası tapanın kurulu olmadığı, içerisinde yer alan detonatörlerin patlamadığı görülmüştür. Jumble (sarsıntı) testinden uygun sonuç alınmıştır.

4.3.4. Düşürme Testi

MIL-STD-331D A4.1’de yer alan 1,5 metre düşürme testi, tapaların üretim, taşıma, veya kullanım sırasında karşılaşılabilecek kazara düşmelerin neden olacağı ciddi şokları simüle etmek için yapılmaktadır. Ancak burada belirtilen düşürme testi, tapanın güvenlik kurma tertibatının; kullanımdan önce, düşme veya nakliye sırasında veya üretim sırasındaki hatalar nedeniyle oluşabilecek şok veya titreşimler nedeniyle kazayla kurulabileceği ve bu durumdayken düşmesi durumunda patlayıcıların aktif

olup olmadığını görebilmek için standart dışı olarak yapılmıştır. Çünkü tapa veya tapalı mühimmat sadece kullanıcının elinden kazara düşmez. Bazen de konveyör banttı veya kamyonđan yükleme esnasında düşebilir. Bu test atış esnasında namlu içindeki mühimmatın maruz kaldığı anlık ivmelenme sırasında ortaya çıkabilecek durumu görebilmek adına bize önemli bir veri verecektir. Bu sebepten dolayı yukarıda belirtilen durumları simule etmek için farklı yüksekliklerden düşürme testi yapılmıştır. Test yapılırken aynı şartlarda mevcut tapa da düşürülmüştür. 14 adet numune (7 adet numune mevcut üst gövde, 7 adet numune yeni üst gövde) hazırlanmıştır. Düşürme testlerinin tamamında alt gövde içerisinde yer alan güvenlik ve kurma mekanizması kurulu hale getirilmiştir. Tapalar; dikey ve burun yukarı olacak şekilde 81 mm mühimmat ağırlığını simule eden 6 kg'lık bir aparata vidalanarak, en az 40 mm kalınlıktaki çelik levha üzerine düşürülmüştür. Aparat ağırlığı ve çelik levha seçiminde MIL-STD-331D A4.2.3 ve A4.4.2 referans alınmıştır. Düşürme yüksekliği 3-9 metre arasındadır (81mm mühimmatın 0,3 ms boyunca maruz kalacağı minumum ve maksimum yaklaşık G değerine karşılık gelmektedir) ve 1 metre aralıklarla her bir tapa bir kez düşürülmüştür. Düşürme test sonrasında tapaların kullanım için güvenli olması ve tapa içerisinde yer alan patlayıcıların herhangi birinin aktif olmaması gerekmektedir. Yani ateşleme iğne sisteminin, detonatörü patlatmaması beklenmektedir. Yapılan düşürme testinden sonra 14 adet numune demonte edilmiştir. Patlayıcıların durumları kontrol edilmiştir. Demonte sonrası yeni ateşleme sistemli numunelerin hiçbirinde patlama görülmemiştir (Çizelge 4.3). Ancak mevcut ateşleme sistemli numunelerin, 4 m ve üstündeki yüksekliklerde düşürme testlerinden sonra patlayıcılarının aktif olduğu görülmüştür. Düşürme testinden yeni ateşleme sistemli tapa ile uygun sonuç alınmıştır. Ancak mevcut iğne sistemli tapa ile yapılan düşürme testinden uygun sonuç alınamamıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Mevcut ve yeni ateşleme sistemli tapalarının düşürme test sonuçları

Numune Numarası	Düşürme Yüksekliği (m)	Patlama Durumu		Levhaya Çarpma Anındaki		
		Mevcut Sistem	Yeni Sistem	G değeri	Enerji (J)	Çarpma hızı (m/s)
1	3	Hayır	Hayır	2607	182,47	7,67
2	4	Evet	Hayır	3010	243,29	8,86
3	5	Evet	Hayır	3365	304,11	9,90
4	6	Evet	Hayır	3687	364,93	10,85
5	7	Evet	Hayır	3982	425,75	11,72
6	8	Evet	Hayır	4257	486,58	12,53
7	9	Evet	Hayır	4515	547,40	13,29

Düşürme testinde ateşleme iğnesi ile aynı ekseninde bulunan detonatörlerin patlayıp patlamadığına bakılmıştır. Mevcut iğne sisteminde herhangi bir emniyet bulunmadığı için düşürme testinde patlama beklenilmektedir. Ancak yeni iğne sisteminde emniyet bulunduğu için patlama beklenilmemektedir. 3-9 metre düşürme testlerinin tamamında çizelge 4.3'te de görüldüğü üzere tapa 1000G'nin üzerinde bir eksenel kuvvete maruz kalmaktadır. Mevcut üst gövde ateşleme sisteminde 3 m yükseklikten düşme testinde tapa 2607 G'ye maruz kalmasına rağmen ateşleme iğne sistemi detonatörü patlatamamıştır. Ancak 4 m ve üzerindeki düşme testlerinde ateşleme iğnesi detonatörü patlatmıştır. Ateşleme iğne sistemlerinin çok kısa süreler boyunca yaşanan yüksek G hızlanmalarındaki durumu yapılan düşürme testleri ile ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak yeni ateşleme iğne sistemi GKM kurulu olmasına rağmen düşme testleri sırasında emniyetli kalmıştır ve detonatöre hiçbir şekilde temas etmemiş ve düşürme testinden uygun sonuçlar alınmıştır. Ancak mevcut iğne sisteminin GKM'nin kurulu olması durumunda emniyet anlamında herhangi bir işlevi olmamıştır ve uygun sonuç alınamamıştır.

4.3.5. Titreşim Testi

MIL-STD-331D B1.6.3.2.2'de belirtildiği şekilde 8 adet numuneye titreşim testi yapılmıştır. Test sırasında tapalar hermetik kutu içerisine yerleştirilmiştir. Test standartta belirtildiği gibi 10 Hz'den 60 Hz +% 3'e kadar olan frekans aralığı,

logaritmik bir dağılımda 24 ayrıık frekans basamağı kullanılarak yapılmıştır. Test üç eksenin her birinde her adımda 10 dakika ve her bir eksen için test süresi 4 saat olarak yapılmıştır. Bu testin tamamlanmasından sonra tapalar “Araçla taşıma, depolama, el ile taşıma ve kullanım açısından emniyetli olmalıdır ve bunlarla birlikte kullanılabilir durumda olmalıdır. (Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbirini patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamış olacaktır).” şeklinde tanımlı MIL-STD-331D, B1.3 test geçme kriterlerine uygun olarak tamamlanmıştır (Çizelge 4.4). Yukarıda yer alan test geçme kriterlerinin kontrolü için titreşim testi sonrası tapalar demonte edilmiştir. Demonte sırasında tapanın kurulmadığına (üst gövde ateşleme iğne sisteminde bilyaların yerinde durduğu, GKM içerisinde yer alan detonatör ile ateşleme iğnesinin aynı ekseninde yer almadığı) ve patlayıcıların patlayıp patlamadığına bakılmıştır.

Çizelge 4.4. Titreşim test sonuçları

Numune No	Patlayıcı elemanlarda patlama varlığı	Tapanın kurulma durumu	Alt Gövde Kurulma Süresi (s)	Üst Gövde G Testi (1000 G)	Sonuç
1	Yok	Kurulu değil	0,90	Kuruldu	Uygun
2	Yok	Kurulu değil	0,85	Kuruldu	Uygun
3	Yok	Kurulu değil	0,87	Kuruldu	Uygun
4	Yok	Kurulu değil	0,92	Kuruldu	Uygun
5	Yok	Kurulu değil	0,93	Kuruldu	Uygun
6	Yok	Kurulu değil	0,85	Kuruldu	Uygun
7	Yok	Kurulu değil	0,83	Kuruldu	Uygun
8	Yok	Kurulu değil	0,93	Kuruldu	Uygun

Demonte sonrası tapanın kurulu olmadığı, içerisinde yer alan detonatörlerin patlamadığı görülmüştür. Tapanın test sonrasında çalışması istendiği için alt gövde kurulma süresi testinden uygun bir şekilde geçmesi gerekmektedir. Bu sebepten alt gövde kurulma testi yapılmıştır ve yapılan testlerde tüm numunelerin 0,8-1,1 saniye arasında kurulduğu görülmüştür. Aynı şekilde üst gövdeye de G testi yapılmıştır ve tüm numunelerin G testinden geçtiği görülmüştür. Titreşim testinden uygun sonuç alınmıştır.

4.3.6. Sıcaklık- Nem Testi

MIL-STD-331D C1’de belirtildiği şekilde 3 adet numuneye sıcaklık-nem testi yapılmıştır. Test sırasında tapalar ambalajsız olarak şartlandırma kabini içerisine yerleştirilmiştir. Ambalajsız tapalar 28 günlük programda (14 günlük 2 çevrim halinde) sıcaklık ve nem varyasyonlarına maruz bırakılmıştır. Bu kapsamda tapalar, dönüşümlü olarak +71°C ve -54°C uç sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Test kabini +71°C’lik periyotlar sırasında %95 bağıl nemde tutulmuştur. Bu test MIL-STD-331D C1 Tablo C1-1’de detayları verilen iki kabin kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu testin tamamlanmasından sonra tapalar “Araçla taşıma, depolama ve kullanım açısından emniyetli olmalıdır ve bunlarla birlikte kullanılabilir durumda olmalıdır. (Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbirisi patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamış olacaktır).” şeklinde tanımlı MIL-STD-331D, C1.3 test geçme kriterlerine uygun olarak tamamlanmıştır (Çizelge 4.5). Yukarıda yer alan test geçme kriterlerinin kontrolü için test sonrası tapalar demonte edilmiştir. Demonte sırasında tapanın kurulmadığına (üst gövde ateşleme iğne sisteminde bilyaların yerinde durduğu, GKM içerisinde yer alan detonatör ile ateşleme iğnesinin aynı ekseninde yer almadığı) ve patlayıcıların patlayıp patlamadığına bakılmıştır.

Çizelge 4.5. Sıcaklık-nem test sonuçları

Numune Numarası	Patlayıcı elemanlarda patlama varlığı	Tapanın kurulması	Alt Gövde Kurulma Süresi Testi (s)	Üst Gövde G Testi (1000G)	Sonuç
1	Yok	Kurulu değil	0,90	Kuruldu	Uygun
2	Yok	Kurulu değil	0,85	Kuruldu	Uygun
3	Yok	Kurulu değil	0,87	Kuruldu	Uygun

Demonte sonrası tapanın kurulu olmadığı, içerisinde yer alan detonatörlerin patlamadığı görülmüştür. Tapanın test sonrasında çalışması istendiği için alt gövde kurulma süresi ve üst gövde G testinden uygun bir şekilde geçmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yapılan testlerde tüm numunelerin 0,8-1,1 saniye arasında kurulduğu görülmüştür. Aynı şekilde üst gövdenin de G testinden geçtiği görülmüştür. Sıcaklık-nem testinden uygun sonuç alınmıştır.

4.3.7. Tuz Testi

MIL-STD-331D C3'te belirtildiği şekilde tuz sisi testi yapılmıştır. Test sırasında tapalar ambalajsız olarak şartlandırma kabini içerisine dikeyle yaklaşık 15° açılı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Numune miktarları ile ilgili standartlarda herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Tuz testi için tapa yerine tapayı simüle eden aynı malzeme ve koruyucu kaplamaya sahip plakada kullanılabilir. Ancak bu çalışmada plaka yerine tapa tercih edilmiştir. Tapanın dış formunu oluşturan malzemelere MIL-STD-171 Tablo-7.1 maddesine göre, anodik film, kromik asit, MIL-A-8625 Tip 1 Sınıf 2 sarı ya da yeşil renkli koruyucu kaplama yapılmıştır. 2 adet numuneye 48 saat 5% tuz sisi testi uygulanmıştır. Bu testin tamamlanmasından sonra MIL-STD-331D, C3.3 “Tapa; araçla taşıma, depolama ve kullanım açısından emniyetli ve bunlarla birlikte kullanılabilir durumda olmalıdır. Numunelerin üzerinde (vida ve keskin köşeler hariç) korozyon ibareleri bulunmayacaktır” test geçme kriterlerine uygun olup olmadığını kontrol etmek için tapalar gözle muayene edildikten sonra demonte edilmiştir.

Çizelge 4.6. Tuz sisi test sonuçları

Numune Numarası	Patlama Durumu	Korozyon Durumu	Kurulma Durumu	Kurulma Süresi (s)	Üst Gövde G Testi (1000 G)	Sonuç
1	Yok	Yok	Kurulu değil	0,83	Kuruldu	Uygun
2	Yok	Yok	Kurulu değil	0,89	Kuruldu	Uygun

Hassas terazi ile test öncesi ve test sonrası tapaların ağırlıkları tartılmıştır. Tapaların üzerinde kaplama ve malzeme aşınmasına bağlı olarak kayıp olup olmadığına bakılmıştır. Tartım sonucunda tapanın ağırlıkları 0,002 ve 0,004 gr azalmıştır. Bu azalmanın MIL-A-8625 standardında belirtilen Al levha üzerinde çapı 0,79 mm'den büyük 5 ayrı çukurdan başka sayıda çukur olmayacaktır (levha üzerinde 5 adet çukurun oluşturduğu ağırlık kaybı ile orantısal olarak) ifadesine ve daha önce yapılan test değerlendirme tecrübelerine göre uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca tapa yüzeylerine normal kitap okuma mesafesinde bakıldığında korozyon emareleri (gözenek, çukur, paslanma) tespit edilememiştir. Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbiri patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamıştır. Ancak tapanın test sonrasında çalışması istendiği için alt gövde kurulma süresi testi ve üst gövde G testi

uygulanmıştır. Yapılan testlerde numunelerin 0,8-1,1 saniye arasında kurulduğu görülmüştür. Aynı şekilde üst gövdenin G testine bakılmıştır ve 1000 G’de kurulduğu görülmüştür (Çizelge 4.6). Tuz testinden uygun sonuçlar alınmıştır.

4.3.8. Termal Şok Testi

MIL-STD-331D Test C7’de belirtildiği gibi termal şok testi yapılmıştır. Bu testte iki kabin kullanılmıştır. İklimlendirme kabinleri -54 ± 2 °C ve $+71\pm 2$ °C sıcaklık değerlerine ayarlanmıştır. Test sırasında tapalar, ambalajsız olarak şartlandırma kabini içerisine yerleştirilmiştir. Tapalar, sıcaklığı -54 ± 2 °C’ye ayarlanmış kabine yerleştirilmiş ve bu sıcaklıkta 4 saat bekletilmiştir. Ardından test kalemleri 1 dakika içerisinde $+71\pm 2$ °C’de olan diğer kabine transfer edilmiş ve bu sıcaklıkta 4 saat bekletilmiştir. Yukarıdaki işlemler iki kez daha tekrar edilmiştir. Test sırasında MIL-STD-331D Test C7 Şekil C7-1’de termal şok çevrim tablosu kullanılmıştır. Test kalemleri kabinden çıkarılarak ortam koşullarında en az 16 saat bekletilmiştir. MIL-STD-331D Test C6.3’e göre testin tamamlanmasından sonra tapa; araçla taşıma, depolama ve kullanım açısından emniyetli ve bunlarla birlikte kullanılabilir durumda olmalıdır. Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbiri patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamış olmalıdır. Ancak tapanın test sonrasında çalışması istendiği için alt gövde kurulma süresi testinden uygun bir şekilde geçmesi gereklidir. Aynı şekilde üst gövdenin G testinden geçmesi gerekmektedir. Bu kapsamda tapa numuneleri test sonrasında demonte edilmiştir.

Çizelge 4.7. Termal şok test sonuçları

Numune Numarası	Patlayıcı Elemanlarda Patlama Varlığı	Tapanın Kurulma Durumu	Alt Gövde Kurulma Süresi (s)	Üst Gövde G Testi (1000 G)	Sonuç
1	Yok	Kurulu değil	0,82	Kuruldu	Uygun
2	Yok	Kurulu değil	0,84	Kuruldu	Uygun
3	Yok	Kurulu değil	0,93	Kuruldu	Uygun

Termal şok testi sonrası tapalar demonte edilmiştir. Demonte sonrası tapanın kurulu olmadığı ve içerisinde yer alan detonatörlerin patlamadığı görülmüştür. Yapılan testlerde alt gövde numunelerinin 0,8-1,1 saniye arasında kurulduğu görülmüştür.

Aynı şekilde üst gövde numunelerinin G testine bakılmıştır ve numunelerin 1000 G’de kurulduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). Termal şok testinden uygun sonuçlar alınmıştır.

4.3.9. Sızdırmazlık Testi

MIL-STD-331D C4’te belirtildiği şekilde sızdırmazlık testi yapılmıştır. Test işlemi, suya daldırılmış test kalemi üzerinde 10,7 metre su basıncına eşdeğer basınç altında yapılmıştır. Bu kapsamda 2 adet numune 1 saat süreli ve 1 bar vakum altında sızdırmazlık testine tabi tutulmuştur. Numune miktarları ile ilgili standartlarda herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Bu kapsamda, tapalar sızdırmazlık öncesi ve sonrası elektronik hassas terazi ile tartılmıştır. Test öncesi ve sonrası ağırlıklar karşılaştırılmıştır. Bu kıyaslamada 0,10 gr (100 mg)’lık ağırlık farkına müsaade edilecektir. Bu değer, tapanın iki yerinde kullanılan o-ring contalara kadar rastlanılan, vida dişleri arasındaki suyun varlığından daha önce tecrübe edilmiştir. Buradaki suyun varlığı tapanın iç kısmına nüfuz etmediği için değerlendirme dışında tutulmaktadır. Ayrıca test bittikten sonra tapa üzerindeki birikintiler temizlenmiş ve MIL-STD-331D C4.3’te yer alan kriterlere göre tapa demonte edilerek görsel olarak değerlendirilmiştir. Test değerlendirme kriterleri “Tapa içindeki mevcut patlayıcılardan hiçbirisi patlamamış, GKM ve üst gövde iğne sistemi kurulmamış olacaktır. Ancak tapanın test sonrasında çalışması istendiği için alt gövde kurulma süresi testinden ve üst gövdenin G testinden uygun bir şekilde geçmesi gerekir.” şeklindedir.

Çizelge 4.8. Sızdırmazlık test sonuçları

Numune Numarası	Patlayıcı Elemanlarda Patlama Varlığı	Tapanın Kurulma Durumu	Tapa İçinde Su Varlığı	Test Öncesi-Sonrası Ağırlık Farkı (g)	Alt Gövde Kurulma Süresi Testi (s)	Üst Gövde G Testi (1000 G)	Sonuç
1	Yok	Kurulu değil	Yok	0,02	0,83	Kuruldu	Uygun
2	Yok	Kurulu değil	Yok	0,05	0,89	Kuruldu	Uygun

Demonte sonrası tapanın iç kısmında su varlığına rastlanılmamıştır. Ayrıca terazi ile test öncesi ve sonrası ağırlık kıyaslamasının 0,1 gramın altında olduğu, tapanın kurulu

olmadığı, içerisinde yer alan detonatörlerin patlamadığı görülmüştür. Yapılan testlerde alt gövde numunelerinin 0,8-1,1 saniye arasında kurulduğu görülmüştür. Aynı şekilde üst gövde numunelerinin G testine bakılmıştır ve numunelerin 1000 G'de kurulduğu görülmüştür (Çizelge 4.8). Sızdırmazlık testinden uygun sonuçlar alınmıştır.

4.4. Atış Testleri

Tapanın fiziksel, dinamik ve çevresel testleri başarılı bir şekilde tamamlandıktan sonra ömür döngüsünün son aşaması olan atışlı testlere geçilmiştir. Atış testleri, MSB Atış Test ve Değerlendirme Merkezi (ATDM) Karapınar-Konya atış alanında gerçekleştirilmiştir. Kullanılacak mühimmat MKE A.Ş tarafından üretim durumuna ve ATDM'deki silahların kullanılabilirliğine göre belirlenmiştir. Bu kapsamda 60 ve 81 mm havan mühimmatı kullanılmıştır. Silah olarak 60 mm komando havan silah sistemi ve 81 mm UT-1 havan silah sistemi kullanılmıştır. Tapa olarak hiçbir çevresel teste girmemiş, sadece tahribatsız olan fiziksel ve dinamik testlere (ölçüsel kontrol testleri, alt gövde kurulma süresi testi, üst gövde testleri) tabi tutulmuş numuneler kullanılmıştır.

Atışlı testler, mühimmatın güvenli bir şekilde namludan ayrıldığını teyit etmek, 35 ± 1 metre mesafede bulunan 4,0 cm kalınlığındaki çam hedef üzerinde fonksiyon yapmadığını teyit etmek, 170 ± 2 metre mesafede bulunan 4,0 cm kalınlığındaki çam hedefi delip geçtikten sonra 60 milisaniye gecikmeli fonksiyon yaptığını teyit etmek ve zemine çarptığında hassas bir şekilde fonksiyon yaptığını teyit etmek için gerçekleştirilmiştir. Dünyada mekanik havan tapası üreten diğer firmalar yukarıda yer alan konfigürasyonlara benzer olarak geliştirdikleri tapaları test etmektedirler. Atışlı testlerde kullanılacak mühimmat sayısı, cinsi ve silah sistemi ile ilgili herhangi bir standart bulunmamaktadır. Tamamen tasarımcının ve kullanıcı makamın takdirine göre atışlı testler gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda aşağıda yer alan konfigürasyonlarda atışlı testler icra edilmiştir. Atışlı testlerde 170 m mesafedeki çam hedefte çarpmalı gecikmeli fonksiyon gösterme, 35 m mesafedeki çam hedefte çarpma fonksiyon göstermeme (namlu önü emniyet testi) ve zeminde fonksiyon gösterme testleri yapılmıştır. Yapılan atışlı poligon testlerinde uygun sonuçlar alınmıştır.

Yapılan atışlı testlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. 81 mm havan mühimmatlarına monte edilerek atılan 15 adet yeni tasarım tapanın tamamının 60 milisaniye gecikmeli fonksiyon yapıp yapmadığı test edilmiştir. Bu testler için; atılan

tüm havan mühimmatlarının 170 ± 2 metre mesafede bulunan 4,0 cm kalınlığındaki çam hedefi delip geçtiği ancak bu hedefe çarpma esnasında tapaların ateşleme işlemini çarpma anında başlatmadığı, çarpmadan sonra istenildiği şekilde 60 ms gecikmeli olarak fonksiyon gerçekleştirdikleri ve atışı yapılan tüm tapa numunelerin testi başarı ile geçtikleri görülmüştür. Bu test ile yeni ateşleme iğne sisteminin istenildiği şekilde hedefe çarptığında gecikmeli detonatörü patlattığı görülmüştür. Bu sayede; bina, korgan, sütre gibi yapıların içinde bulunan hedeflere karşı mühimmatın, önce bu yapıları delmesi ve ardından infilak ederek hedefleri etkisiz hale getirebilmesi adına bu testin başarılı bir şekilde icra edilmesi kritik öneme sahip olmuştur.

Gecikmeli fonksiyon gösterme testi için 81 mm havan mühimmatı ile yapılan atış testlerinden sonra 10 adet yeni tasarım tapa takılan 81 mm havan mühimmatı sıra ile atılarak bu defa da namlu önü emniyeti açısından son derece önemli olan fonksiyon göstermeme testi yapılmıştır. Bunun için 35 m mesafeye yerleştirilen çam hedefe çarpan tapaların fonksiyon gösterip göstermedikleri izlenmiştir. Bu atışlar sonucunda Çizelge 4.9’da da görüldüğü üzere tüm numunelerin 35 metredeki çam hedefi delerek geçtikleri ancak hiçbirinin de bu konumda aktive olmadıkları-fonksiyon göstermedikleri görülmüştür. Bu durum namlu içinde yaşanabilen mühimmat patlamalarını önlemek için geliştirilen ilave güvenlik mekanizmanın görevini yaptığını ve mevcut tapalarda yaşanabilen kazaların böylelikle önüne geçildiğini de göstermiştir.

Son olarak, zemine çarptığında tapanın hassas bir şekilde fonksiyon yaptığını ve mühimmatın da görevini icra ettiğini belirlemek amacıyla, 60 ve 81mm havan mühimmatlarının her birine 10’ar adet yeni tapalardan takılarak yeni atışlar yapılmıştır. Bu atışlar sonucunda, zemine çarpan tüm mühimmatların patladığı ve tüm tapaların görevini icra ettiği belirlenmiştir. Bu test ile yeni ateşleme iğne sisteminin istenildiği şekilde hedefe çarptığında gecikmesiz olarak detonatörü patlattığı görülmüştür. Bu şekilde açık alanda bulunan hedeflere karşı mühimmatın hassas bir şekilde (zemine çarpar çarpmaz gecikmesiz olarak) infilak etmesi kritik önem arz etmektedir.

Çizelge 4.9. Atışlı test sonuçları

Test adı	Mühimmat Türü	Atış Miktarı	Fonksiyon Durumu	Sonuç
Gecikmeli Fonksiyon Gösterme Testi - 60 ms gecikmeli-	81 mm Havan	15	Tüm numuneler fonksiyon yaptı	<i>Başarılı</i>
Fonksiyon Göstermeme Testi -Namlu önü emniyet-	81 mm Havan	10	Tüm numuneler fonksiyon yapmadı	<i>Başarılı</i>
Zeminde Hassas Çarpmalı Fonksiyon Gösterme Testi	60 mm Havan	10	Tüm numuneler fonksiyon yaptı	<i>Başarılı</i>
	81mm Havam	10	Tüm numuneler fonksiyon yaptı	<i>Başarılı</i>

4.5. Sayısal Modelleme Çalışması

Mevcut ve yeni ateşleme iğne sistemli üst gövde mekanizmalarının namlu içindeki ataletsel davranışları Ansys Ls-Dyna Sonlu elemanlar çözücüsü yöntemi ile incelenmiştir. Bu incelemelerde ateşleme iğne sistemleri tamamen aynı koşullarda 1000 G atalet kuvveti altında test edilmiştir. Yeni ateşleme iğne sisteminde, yayın boyu montajlanmadan önce 21 mm'dir. Ancak komple içerisine montajlandıktan sonra yay boyu 10 mm'ye düşmekte ve mekanizma tarafından bu boyda tutulmaktadır. Benzer şekilde mevcut ateşleme iğne sisteminde yayın boyu montajlanmadan önce 40 mm'dir. Ancak, komple içerisine montajlandıktan sonra yay boyu 24 mm'ye düşmekte ve mekanizma tarafından bu boyda tutulmaktadır. Bu sebepten, üst gövde montajında yayın sıkıştırılarak montaj ediliyor olması, ateşleme öncesi yay içerisinde bir stres dağılımının oluşmasına sebebiyet vermektedir. Üst gövde kompleksine etki eden ataletsel kuvvetlerinin tayini ve yay tepkisinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için öncelikle yayın montaj edildiği boya sıkıştırıldığında yay üzerinde oluşacak stres dağılımının belirlenmesi gerekmektedir. Bu sebeple, öncelikli olarak yay üzerindeki stres dağılımının incelendiği bir analiz yapılmış olup ardından da bu stres dağılımının ve şekilsel olarak değişikliğin aktarılarak tüm üst gövde kompleksinin incelendiği ikinci bir analiz yapılmıştır. Sonlu elemanlar metodu

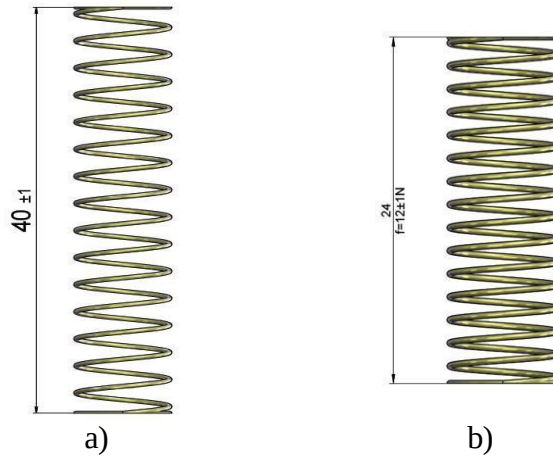
ile yapılan analizlerin sonuçları; yoğunluk, elastik, elasto-plastik malzeme özellikleri ya da bunların sıcaklığa vb. durumlara göre değişimlerine, seçilen çözüm denklemi, parça ya da simüle edilen ortama ait sıcaklık, basınç, nem vb. değerler, seçilen mesh yöntemi, mesh kalitesi gibi daha birçok özellik ve değere bağlı olarak önemli derecede değişebilmektedir. Bu yüzden, eğer mümkünse, analiz sonuçlarını test sonuçları ile karşılaştırmak en doğru yöntemdir. Bu bölüm içerisinde, gerçekleştirilmiş tüm analizlerin sonuçları, açıklamaları ile birlikte paylaşılmıştır. Bu analiz çalışması ile mevcut ve yeni ateşleme sistemli havan tapasının namlu içindeki ve namludan çıktıktan sonraki dinamik hareketleri, farklı tel çaplarına sahip yaylar kullanılarak mekanizmaların dinamik hareketleri, farklı yüksekliklerden düşürme testi ile mekanizmaların dinamik hareketleri analiz edilmiş ve yapılan tüm analizlerin yardımıyla da tapanın tasarımının doğrulanması, tapa tasarımında ortaya çıkabilecek hataların düzeltilmesi ve tapanın emniyetinin artırılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda mevcut ve yeni ateşleme sistemli havan üst gövde kompleksinin yay ve ateşleme sistemleri ayrı ayrı analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Sonlu eleman analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için belirtilen parçaların sonlu elemanlar ağına ayrıştırılması gerekmektedir. Bu kapsamda ANSYS-LS DYNA yazılımı kullanılarak sonlu eleman ağ yapısı oluşturulmuştur. Analiz çalışmalarında yay dışında bütün parçalar rijit olarak kabul edildiği için bu parçalar için herhangi bir yakınsama çalışmasına gerek duyulmamıştır. Mevcut ve yeni tasarımda bulunan yaylar için doğru eleman sayısının belirlenebilmesi için meshten bağımsılaştırma çalışmaları hem mevcut hem de yeni sistem için belirlenen yaylar için gerçekleştirilmiştir.

4.5.1. Mevcut Tapa Üst Gövde Sistemi Sayısal Analizi

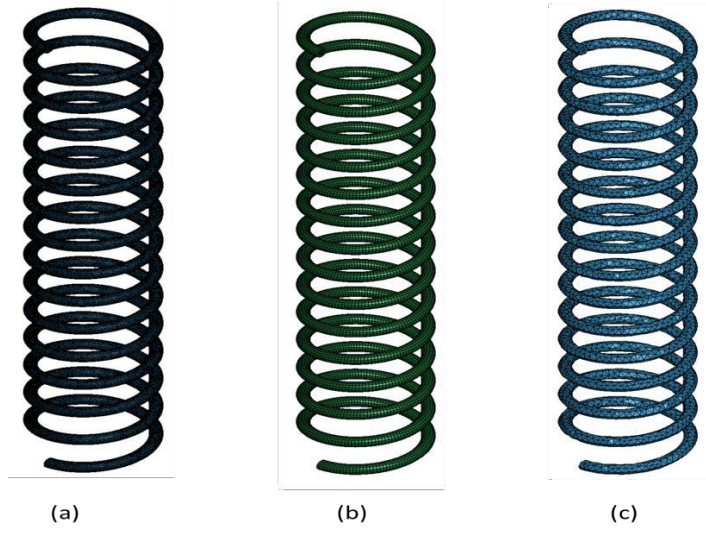
a) Yay ve Mekanizma Analizi

Mevcut ateşleme sistemine ait olan ve sayısal modelleme çalışmasında modellenen yay Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Mevcut sistemdeki yayın ilk boyu 40 mm olup montaj sonrasında 24 mm ye sıkıştırılmaktadır (Şekil 4.16.b.).

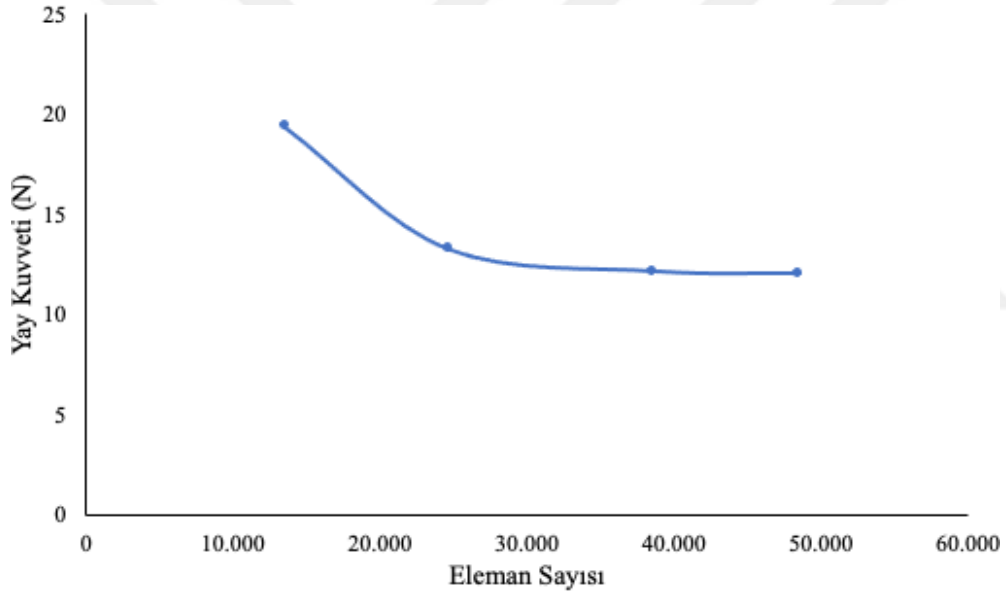


Şekil 4.16. Mevcut tapa sistemindeki yayın a) montaj öncesi (a) ve montaj sonrası (b) görünüşleri

Mevcut yay için analiz programı içerisinde kaliteli mesh atılabilmesi amacıyla bir dizi geometri bölme ve ayırma işlemleri uygulanmıştır. Ardından Ansys analiz programına aktarılmıştır. Yapılan doğru geometri bölme ve ayırma işlemlerinin sağlamış olduğu fayda ile parça Ansys programı içerisinde Hexahedron eleman yapısı uygulanmıştır. Daha sonra doğru eleman boyutunun ve mesh sayısının belirlenebilmesi amacıyla meshten bağımsızlaştırma çalışmaları yapılmıştır. Farklı eleman boyutları için oluşturulan yay mesh yapıları Şekil 4.17’de görülmektedir. Yakınsama analizleri sonucunda elde edilen yay kuvveti – eleman boyutu değişimi sonuçları ise Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Meshten bağımsızlaştırma çalışmaları mevcut ve yeni sistemdeki tüm yaylar ve mekanizmada yer alan tüm parçalar için ayrı ayrı yapılarak uygun mesh eleman sayısı belirlenmiş ve nihai analizlere geçilmiştir. Bu bölümde sadece mevcut yay sistemin görsel ve grafikleri örnek olarak verilmiştir.

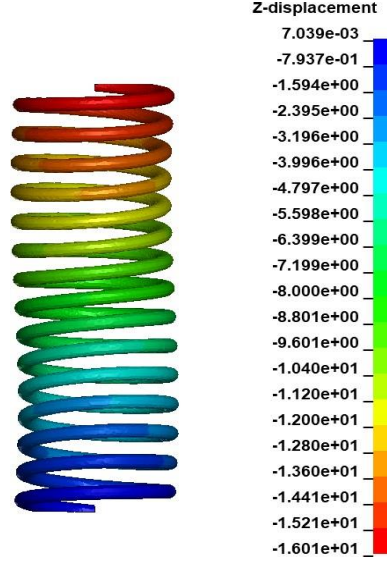


Şekil 4.17. Mevcut tasarım farklı mesh eleman sayılarındaki görselleri



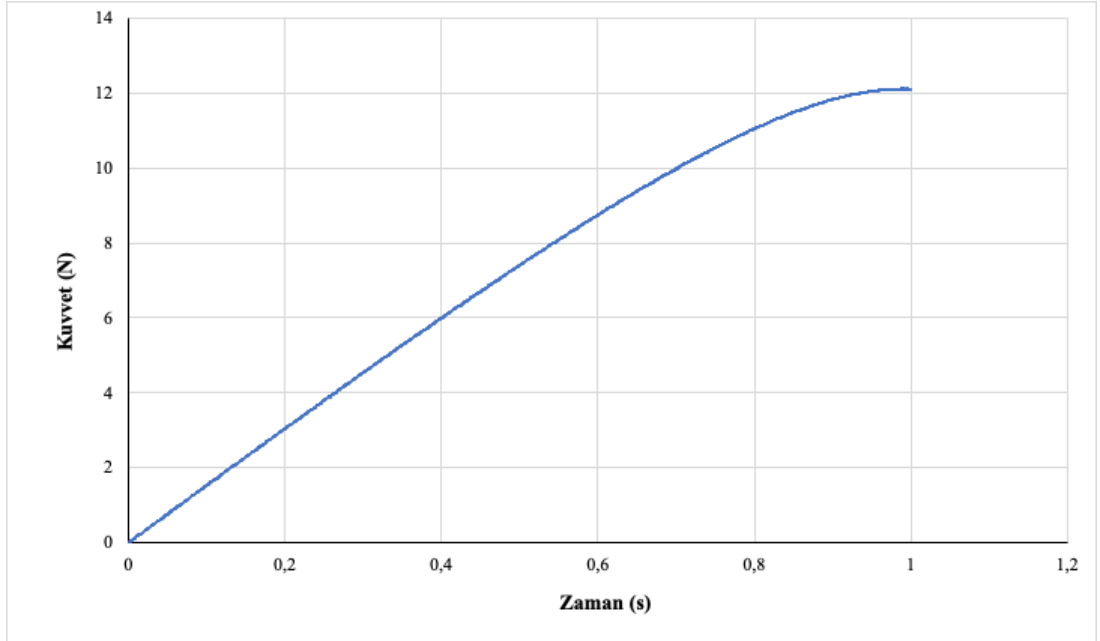
Şekil 4.18. Mevcut yay sisteminin meshten bağımsızlaştırma sonuç grafiği

Belirlenen ideal mesh sayısına göre yapılan analiz çalışması sonusunda; mevcut yayın analiz işlemi sonrasında ki görünümü Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Mevcut tapa sistemindeki yayın yer değıştirme analiz sonucu

Mevcut ateşleme iğne sisteminde yer alan yayın, analiz sonucuna göre göstermiş olduğu tepki kuvveti zamana bağılı olarak Şekil 4.20’de gösterilmiştir. Burada yer alan zaman değeri analiz sırasında yayın 16 mm sıkıştığı 1 s step zamanını ifade etmektedir. Bu zaman değerin yayın sıkıştığı andaki kuvvet değeri herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Bu sebepten zamandan bağımsız olarak grafik incelendiğinde, yapılan 16 mm sıkıştırma işleminin sonucunda elde edilen tepki kuvveti değerin, yay tansiyon cihazından elde edilen kuvvet değeriye yakın olduğu gözlemlenmiştir.



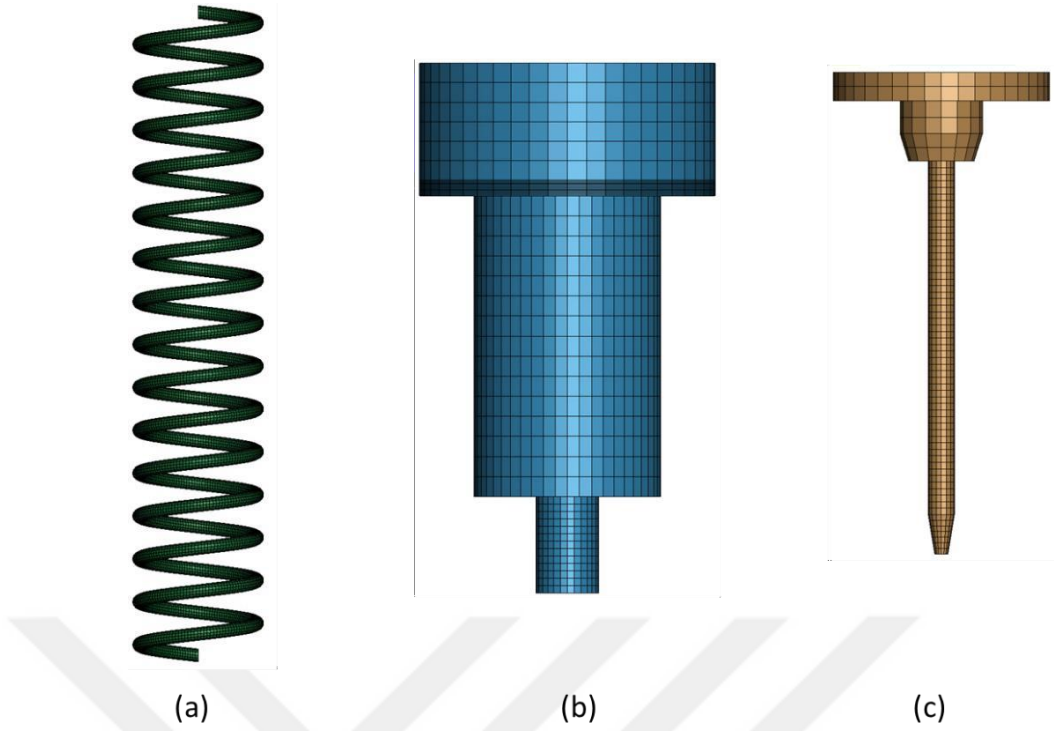
Şekil 4.20. Mevcut yay kuvvet-zaman grafiğı

Mevcut ateşleme sistemindeki yaya ait sayısal analiz sonuçları, yay tansiyon cihazından elde edilen deneysel sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.10'da da görüldüğü üzere, analiz çalışmasında 40 mm den 24 mm ye yayın sıkıştırılması için gerekli kuvvet 12 N olarak hesaplanmıştır. Aynı durum için deneysel çalışmadan elde edilen kuvvet değerinin ise 12,4 N olduğu ve elde edilen sayısal sonuçların deneysel sonuçlara yaklaşık %97 oranında yakınsadığı görülmüştür.

Çizelge 4.10. Mevcut ateşleme sistemi yay kuvvetinin yay tansiyon cihazı- analiz karşılaştırılması

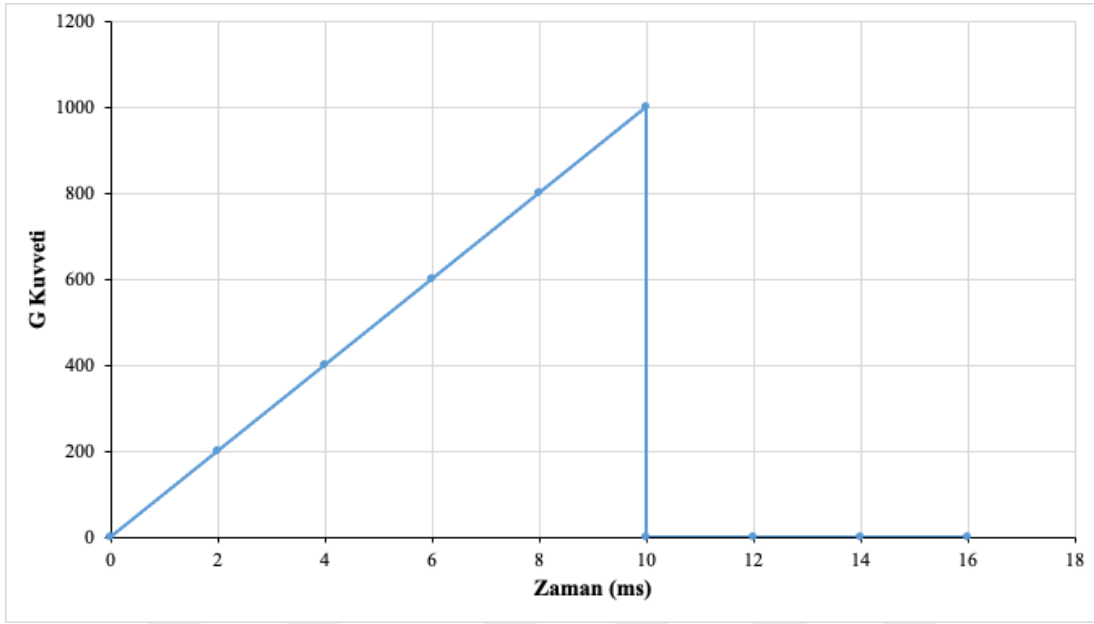
Yöntem	Yay Tam Boyu (mm)	Sıkışma Miktarı (mm)	Kuvvet (N)
Deneysel	40	24	12,40
Sayısal	40	24	12,00

Yay modelinin doğrulama çalışması tamamlandıktan sonra mevcut modelin analiz çalışması ile devam edilmiştir. Analizlerde kullanılan sonlu eleman ağ yapıları Ansys programında hazırlanmıştır. Yay geometrisi 0,2 mm, iğne ve gövde için 0,5 mm eleman boyu uygun bulunmuştur. Hexahedron eleman yapısı kullanılarak toplamda 65852 eleman bulunmaktadır. Hazırlanan mesh yapıları Şekil 4.21'de gösterilmektedir.



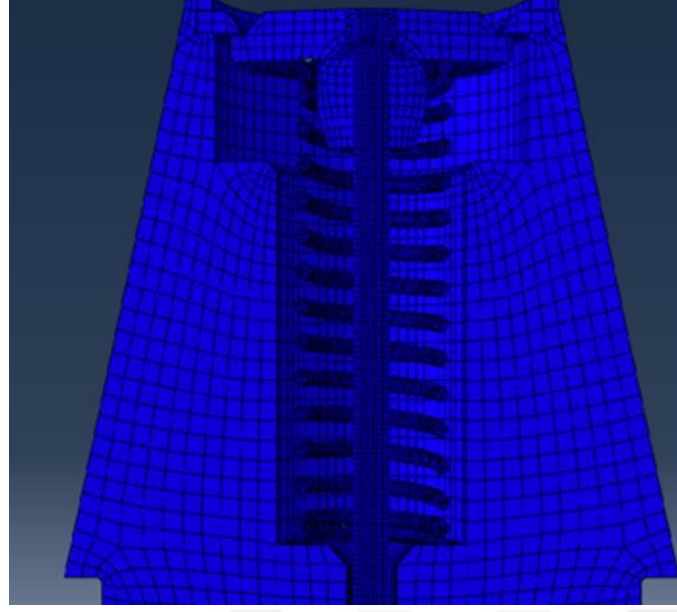
Şekil 4.21. Mevcut tasarım sonlu elemanlar ağ yapıları

Mevcut modelin analiz çalışması kapsamında yay sıkıştırılması implicit çözüm yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yay sıkıştırıldıktan sonra restart komutu kullanılarak explicit çözüm yöntemine geçilmiştir. Daha sonra explicit yöntemde belirlenen ivme ve sınır koşulları tanımlanmıştır. LOAD_BODY_Z Kartı kullanılarak modellenen G kuvveti Şekil 4.22’de gösterilmektedir.



Şekil 4.22. Mevcut tasarıma etki eden G kuvveti – zaman grafiği

Mühimmatın namlu içerisinde ateşlenmesi ile maruz kalacağı ataletsel kuvvet değeri 1000 G alınmış olup ve mühimmatın namluyu 10 ms’de terk ettiği kabul edilmiştir (81 mm UT-1 havan silahı ve 0. barut 81 mm MOD 214 mühimmatı kullanıldığında). Komponentin maruz kalacağı kuvvet ve süre değerleri göz önüne alındığında, şok etkisinin de hesaba katılabilmesi amacıyla analiz Explicit olarak yapılmıştır. Mevcut tapanın analizin başlangıç durumundaki yani $t=0$ s’deki kesit görünümü Şekil 4.23’te verilmiştir. Burada mühimmat namlu içinde olup kesit görünüşte de görüldüğü üzere yay açık konumdadır. Yani yay ve iğne üzerine henüz etkiyen kuvvet bulunmamaktadır.



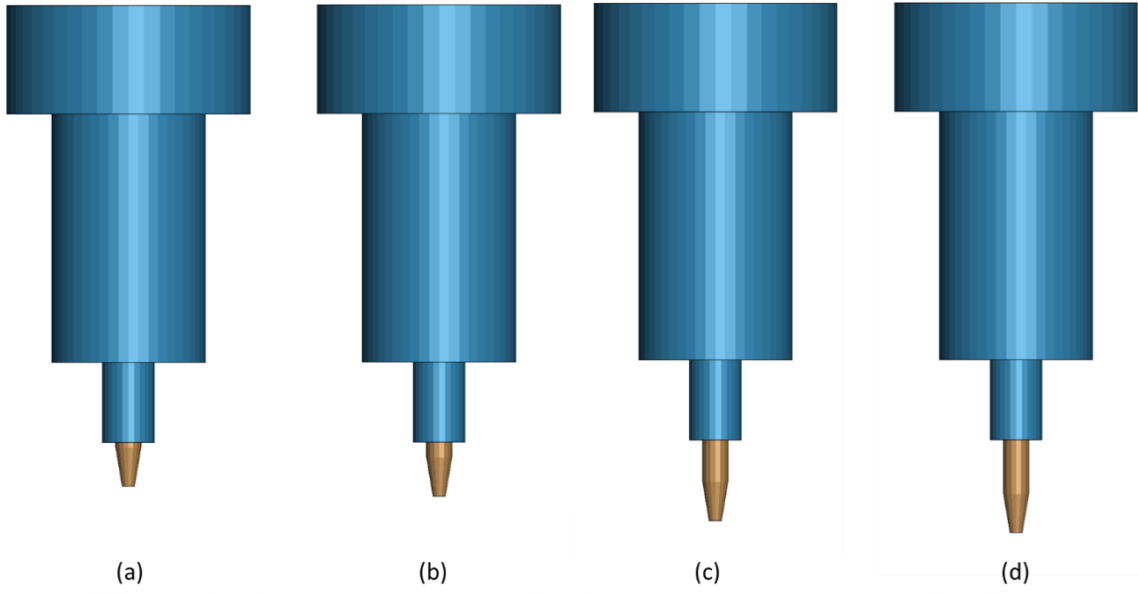
Şekil 4.23. Mevcut tapa üst gövdesinin t=0 s anındaki kesit görünümü – namlu içi

Analiz modelinde iğne ve gövde yapısında herhangi bir deformasyon gözükmeyeceği düşünülmüştür. Bu nedenle belirtilen parçalar analiz süresinin azaltılması adına rijit modellenmiştir. Gövde yapısı 6 hareket yönünde de kısıtlandırılmıştır. İğne geometrisi Z ekseninde hareket edeceği için X-Y eksenlerinde hareketi kısıtlanmıştır. Yay, MAT_ELASTIC kartı kullanılarak modellenmiştir. Malzeme özellikleri Çizelge 4.11’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Yay malzeme özellikleri (mevcut ve yeni)

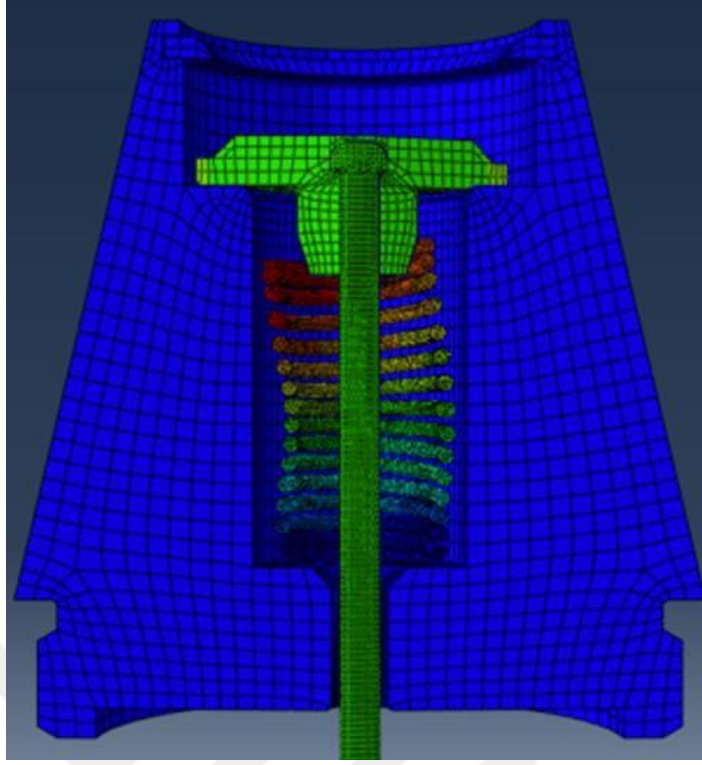
Parametre	Değer
Yoğunluk	7850 kg/m ³
Elastik Modül	200 GPa
Poisson Oranı	0,3

Gövde ve İğne’nin, İğne ve yayın, Yay ve Gövde’nin birbirleri ile olan etkileşimleri *AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE kartı kullanılarak tanımlanmıştır. Ek olarak Yay’ın kendi ile olan etkileşimi *AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE kartı ile tanımlanmıştır. Farklı zamanlar adımları için elde edilen analiz sonuçları Şekil 4.24’te gösterilmiştir.

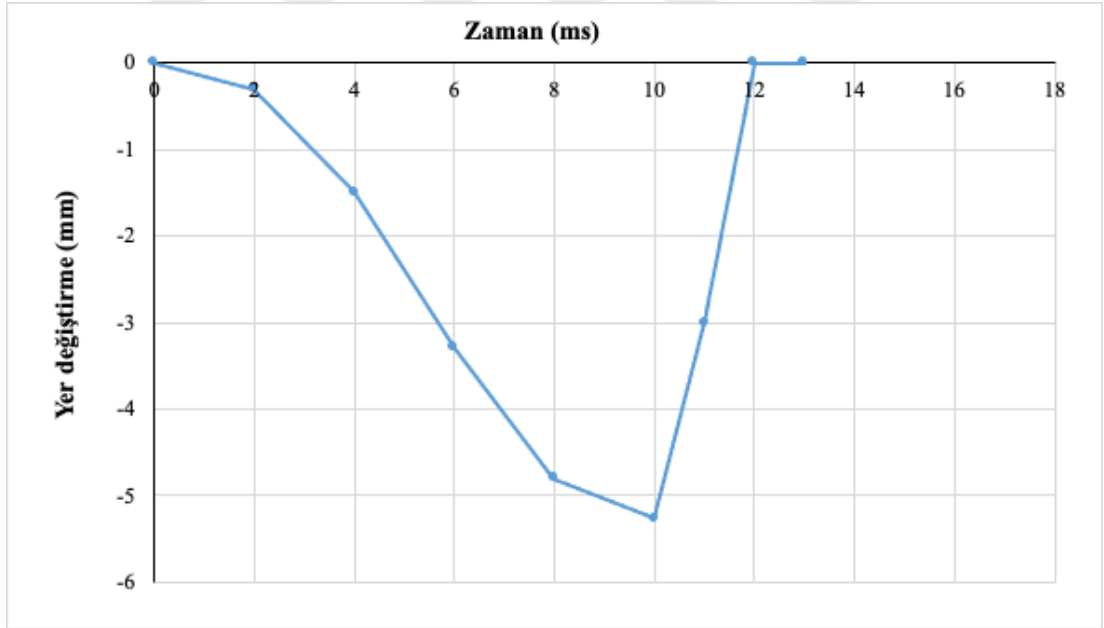


Şekil 4.24. Mevcut tasarımda (a) başlangıç anı, (b) 4ms, (c) 7ms, (d) 10ms sonra iğne durumu

$t=0$ s zaman adımından sonra iğne üzerine kuvvetin etkimeye başladığı, yayın sıkıştığı ve iğnenin aşağıya doğru hareket ettiği $t=0,01$ s'deki kesit görüntüsü Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Bu durum G kuvvetinin etkisiyle mekanizmanın hareket etmeye başladığını ve namlu içinde emniyetsiz durumun oluştuğunu da göstermektedir. Mevcut iğne sisteminin 1000 G eksenel ivme kuvveti ile namlu içinde 5,27 mm geri çekildiği Şekil 4.26'da gösterilen analiz grafiğinde görülmüştür.

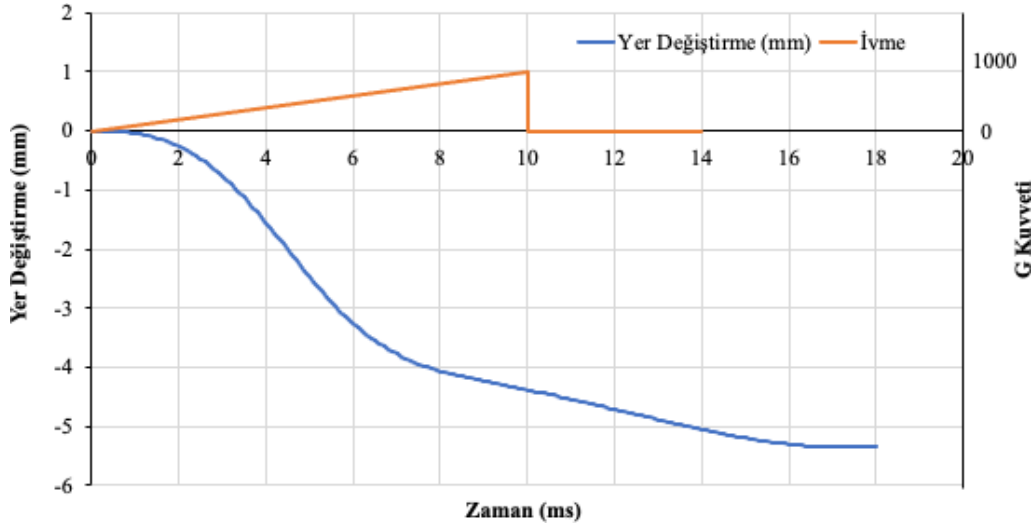


Şekil 4.25. Mevcut tapa üst gövdesinin $t=0,01$ s anındaki kesit görünümü – namlu içi



Şekil 4.26. Mevcut tasarımda iğne yer değiştirme – zaman grafiği

Analiz sonuçlarına göre iğne en fazla 5,27 mm hareket etmektedir. Mevcut tasarımda yer alan iğne için yer değiştirmenin zaman ve ivmeye bağlı grafiği Şekil 4.27’de gösterilmektedir.

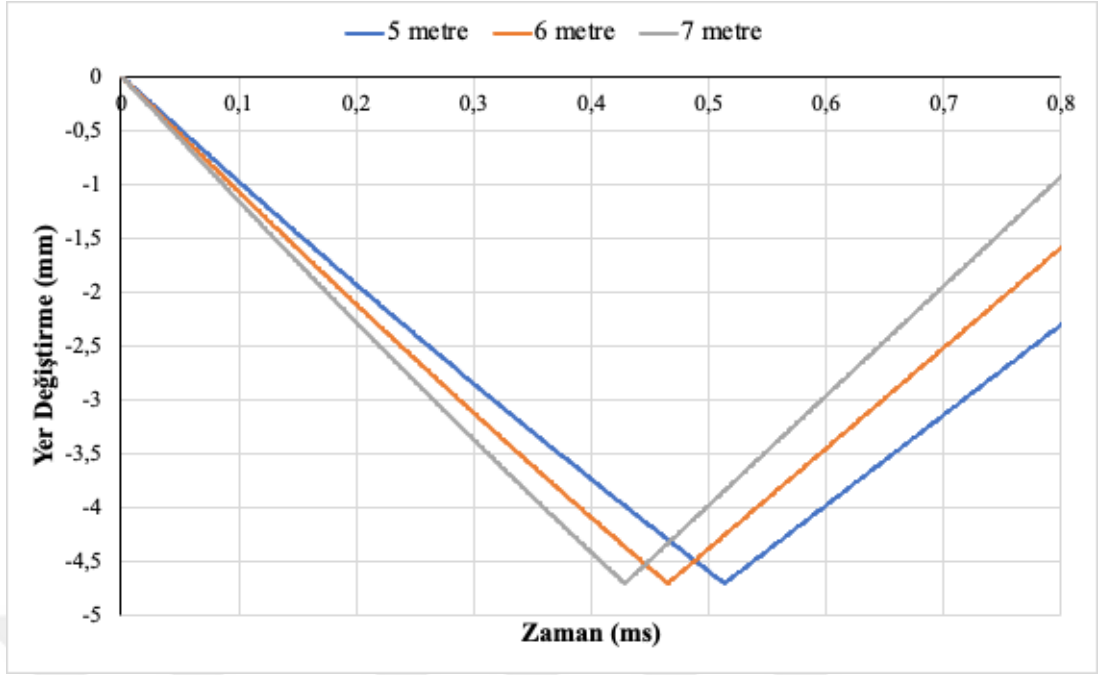


Şekil 4.27. Mevcut tasarımda yer değiştirme – zaman – ivme grafiği

$t=0,01$ s zaman adımından sonra iğne üzerine kuvvetin etkisini bitmekte ve yay açılarak ilk konumuna (Şekil 4.23) geri dönmektedir. Bu durum G kuvvetinin sadece namlu içinde olduğunu ve namlu çıkışında tamamen sıfırlandığını göstermektedir.

b) Farklı Yüksekliklerden Düşme Analizleri

Mevcut tasarım için 5m, 6m ve 7m olmak üzere 3 farklı serbest düşme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler de bir önceki modelde anlatıldığı gibi çözdürülmüştür. Yere çarptığı anda İğne'ye *INITAL_VELOCITY_GENERATION kartı kullanılarak ilk hız tanımlanmıştır. Mevcut tasarım için elde edilen analiz sonuçları Şekil 4.28'de gösterilmektedir.



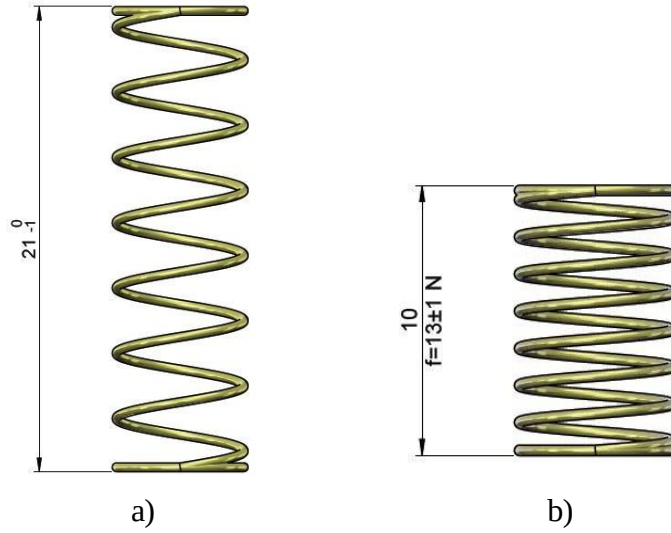
Şekil 4.28. Mevcut tasarım farklı serbest düşme analiz sonuçları (Ateşleme iğnesi yer değiştirme-zaman grafiği)

Farklı yüksekliklerden (81mm mühimmatın çelik plaka üzerine düştüğünde 0,4-0,6 ms boyunca maruz kalacağı G değerine karşılık gelecek) yapılan düşürme analizinde ateşleme iğnesinin yaklaşık 4,7 mm hareket ettiği görülmüştür. Yapılan bu analize göre mevcut ateşleme sisteminin (patlayıcı zincirinin açık olduğu durumda) 5 m ve üstündeki yüksekliklerde düşürme testlerinden sonra patlayıcıları aktif edeceği görülmektedir.

4.5.2. Yeni Tapa Mekanizmasındaki Yayın Sayısal Analizi

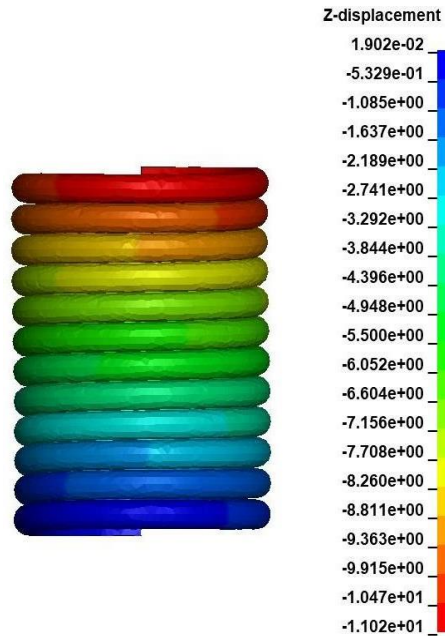
a) Yay ve Mekanizma Analizi:

Yeni ateşleme sistemine ait olan ve sayısal modelleme çalışmasında modellenen yay Şekil 4.29'da gösterilmiştir. Mevcut sistemdeki yayın ilk boyu 21 mm olup montaj sonrasında 10 mm'ye sıkıştırılmaktadır (Şekil 4.29.b.)



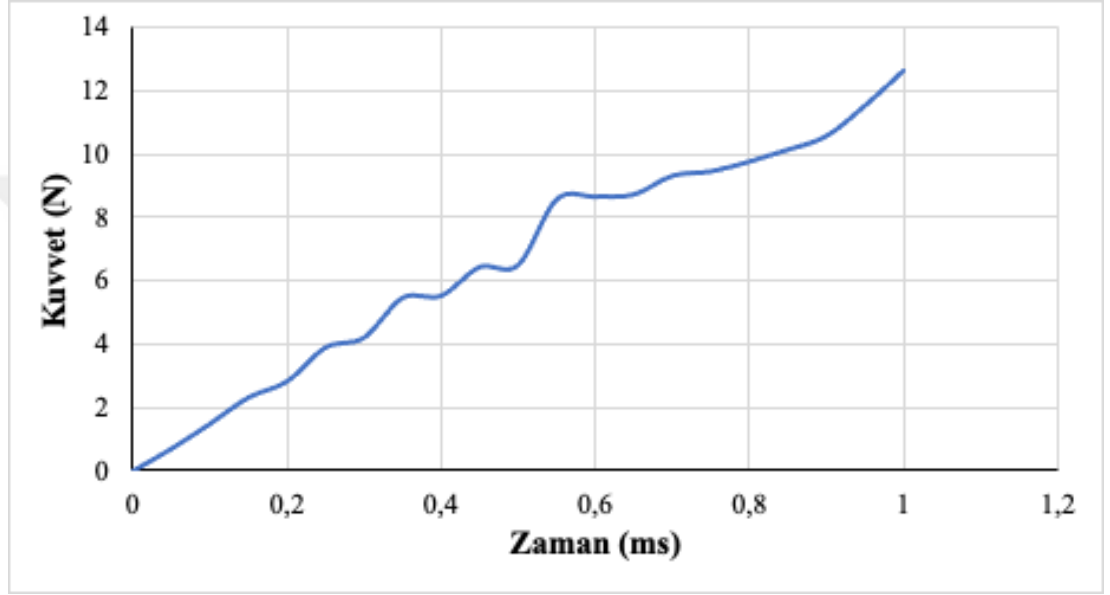
Şekil 4.29. Yeni ateşleme sistemdeki yayın a) montaj öncesi ve b) montaj sonrası görünümü

Analiz programı içerisinde kaliteli mesh atılabilmesi amacıyla bu yaya bir dizi geometri bölme ve ayırma işlemleri uygulanmıştır. Ardından Ansys analiz programına aktarılmıştır. Yapılan doğru geometri bölme ve ayırma işlemlerinin sağlamış olduğu fayda ile parça Ansys programı içerisinde Hexahedron eleman yapısı uygulanmıştır. Yayın analiz işlemi sonrasında ki görünümü Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Yeni tapa sistemindeki yayın analiz sonrası görünümü

Yeni ateşleme iğne sisteminde yer alan yayın, analiz sonucuna göre göstermiş olduğu tepki kuvveti zamana bağlı olarak Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Burada yer alan zaman değeri analiz sırasında yayın 11 mm sıkıştığı 1 s step zamanını ifade etmektedir. Bu zaman değerinin yayın sıkıştığı andaki kuvvet değerine herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Bu sebepten, zamandan bağımsız olarak grafik incelendiğinde, yapılan 11 mm sıkıştırma işleminin sonucunda elde edilen tepki kuvveti değerinin, yay tansiyon cihazından elde edilen kuvvet değerine yakın olduğu gözlemlenmiştir.



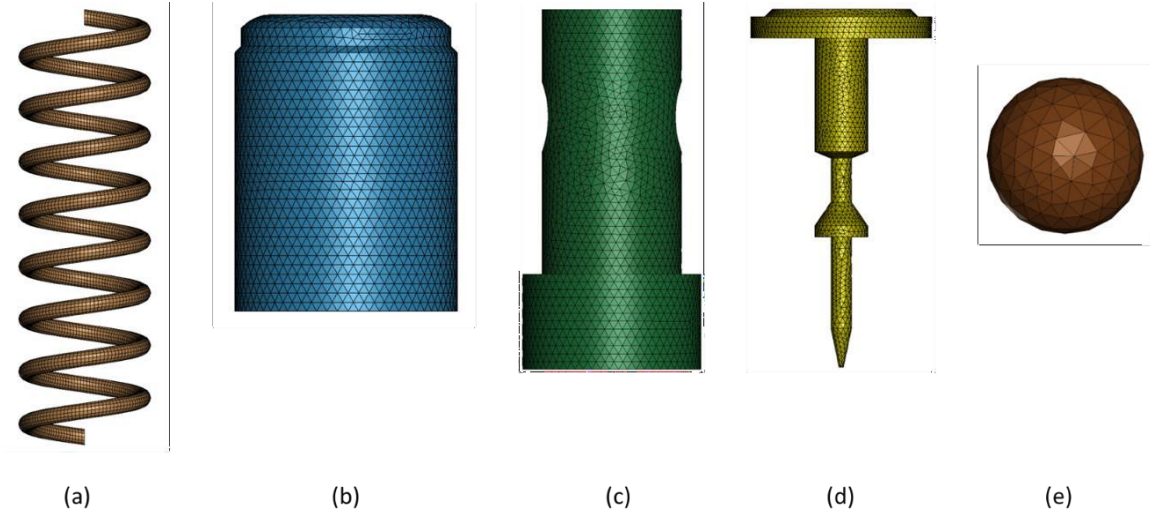
Şekil 4.31. Yeni yay kuvvet – zaman grafiği

Yeni ateşleme sistemindeki yaya ait sayısal analiz sonuçları, yay tansiyon cihazından elde edilen deneysel sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.12’de de görüldüğü üzere, analiz çalışmasında 21 mm den 10 mm’ye yayın sıkıştırılması için gerekli kuvvet 12,6 N olarak hesaplanmıştır. Aynı durum için deneysel çalışmadan elde edilen kuvvet değerinin ise 13 N olduğu ve elde edilen sayısal sonuçların deneysel sonuçlara yaklaşık %97 oranında yakınsadığı görülmüştür.

Çizelge 4.12. Yeni ve mevcut sistemdeki yaylara ait deneysel ve sayısal sonuçların karşılaştırılması

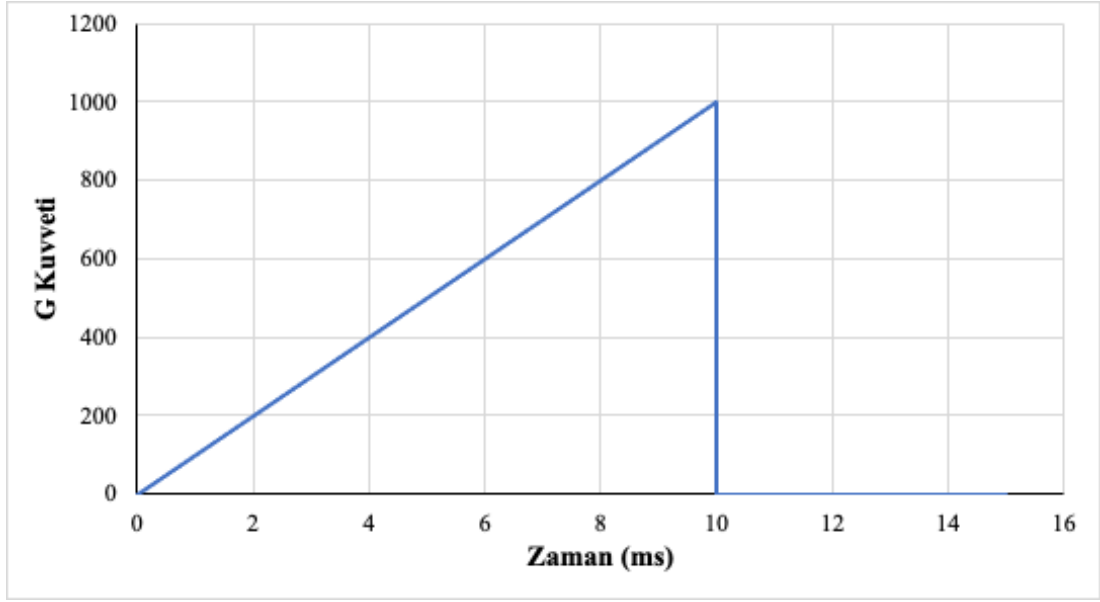
Yöntem	Yay Tam Boyu (mm)	Sıkışma Miktarı (mm)	Kuvvet (N)
Deneysel	21	10	13
Sayısal	21	10	12,6

Yay tepki kuvvetinin doğru şekilde elde edilmesi, yaya ait stres ve şekil değişikliğinin aktarılacağı üst gövde kompleksi analizinin de doğru şekilde çalışmasında ki en önemli etkindir. Yay modelinin doğrulama çalışması tamamlandıktan sonra yeni tasarımının analizlerine geçilmiştir. Analiz çalışmaları kapsamında öncelikle yay belirtilen uzunluğa getirilene kadar implicit yöntem ile sıkıştırılmıştır. Namlu ve atmosfer koşulları explicit yöntem kullanılarak simüle edilmiştir. Analizlerde kullanılan sonlu eleman ağ yapıları Ansys programında hazırlanmıştır. Yay geometrisi 0,2 mm, iğne, gövde, kovan ve bilyeler için 0,5 mm eleman boyu uygun bulunmuştur. Hexahedron ve Tetrahedron eleman yapısı kullanılarak toplamda 165353 eleman bulunmaktadır. Hazırlanan mesh yapıları Şekil 4.32’de gösterilmektedir.



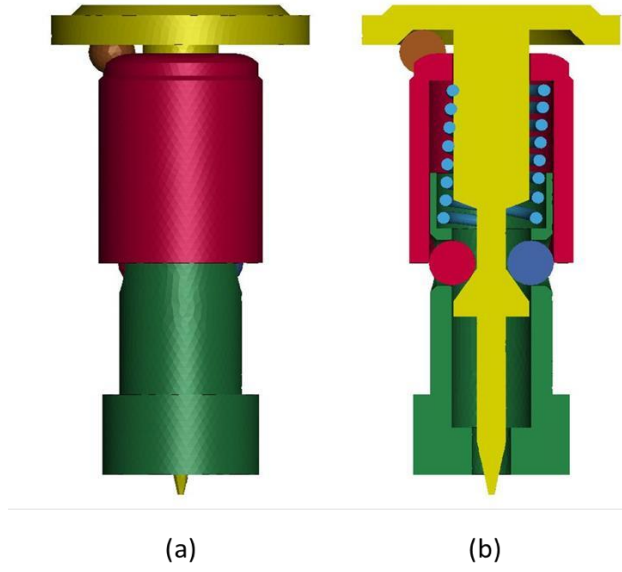
Şekil 4.32. Yeni tasarım sonlu elemanlar ağ yapıları

LOAD_BODY_Z Kartı kullanılarak modellenen G kuvveti-zaman grafiği Şekil 4.33’te gösterilmektedir.



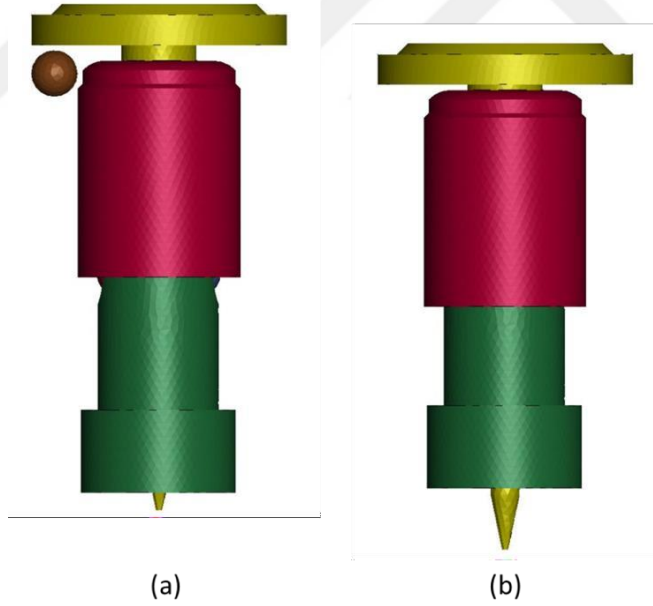
Şekil 4.33. Yeni tasarıma etki eden G kuvveti – zaman grafiği

Yay tepki kuvvetinin doğru şekilde elde edilmesi ile yeni üst gövde kompleksi analizine geçilmiştir. Mühimmatın, namlu içerisinde ateşlenmesi ile maruz kalacağı ataletsel kuvvet değeri 1000 G alınmış ve mühimmatın namluyu 10 ms’de terk ettiği kabul edilmiştir (81 mm UT-1 havan silahı ve 0. barut 81 mm MOD 214 mühimmatı kullanıldığında). Analiz modelinde iğne, gövde, kovan ve bilyeler üzerinde herhangi bir deformasyon gözükmeyeceği düşünülmüştür. Bu nedenle belirtilen parçalar analiz süresinin azaltılması adına rijit modellenmiştir. Gövde yapısı 6 hareket yönünde de kısıtlandırılmıştır. İğne ve Kovan geometrisi Z ekseninde hareket edeceği için X-Y eksenlerinde hareketi kısıtlanmıştır. Bilyeler için bir kısıtlama uygulanmamıştır. Yay, MAT_ELASTIC kartı kullanılarak modellenmiştir. Parçaların birbirleri ile olan etkileşimleri *automatic_surface_to_surface kartı kullanılarak tanımlanmıştır. Ek olarak Yay’ın kendi ile olan etkileşimi *automatic_single_surface kartı ile tanımlanmıştır. Analiz başlangıç durumu Şekil 4.34’te gösterilmektedir.



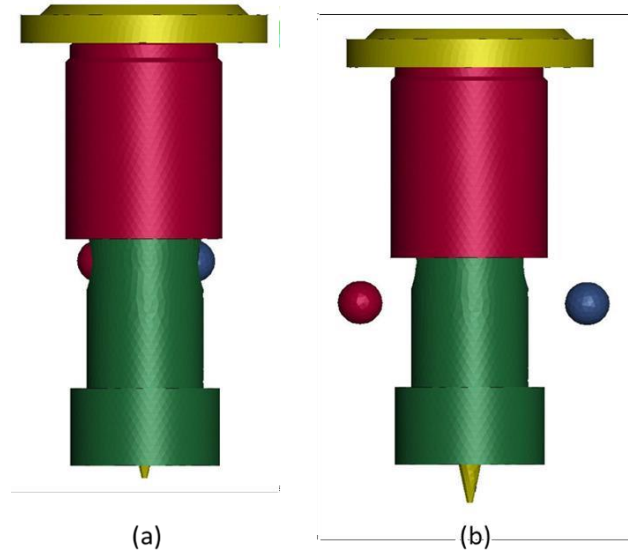
Şekil 4.34. Analiz ilk durum a) tam, b) kesit görüntüsü

Namlu içerisinde ivme etki ettikten 1 ms sonra yukarıda bulunan bilye düşmüştür. Şekil 4.35'te namlu çıkış ivmesinden 1ms ve 10 ms sonra bilye ve kovanın durumları gösterilmektedir.



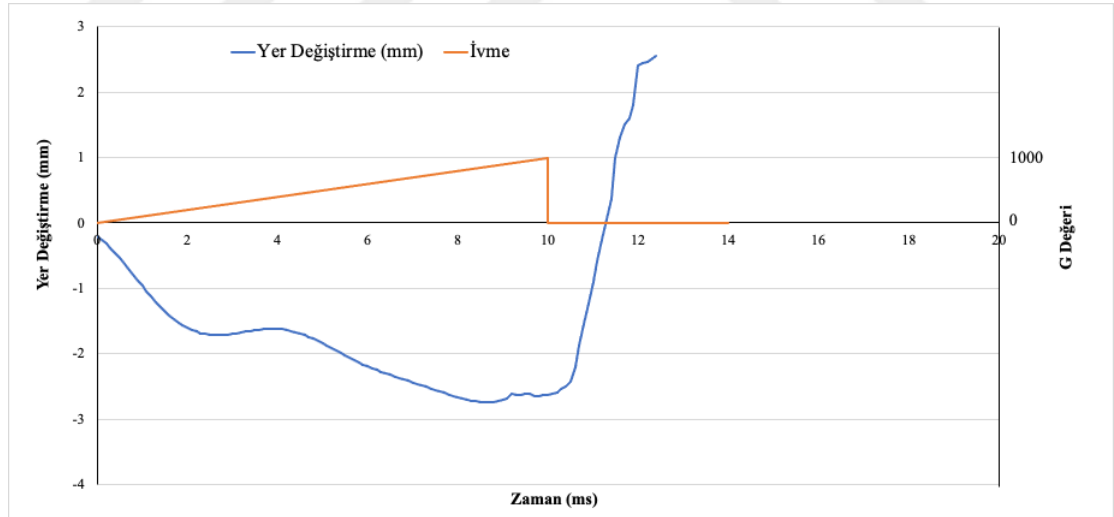
Şekil 4.35. Yeni tasarım a) 1ms b) 10ms sonra kovan ve iğne konumları

Namlu içerisinde etkiyen ivme sona erdiğinde kovan içerisinde bulunan yay, kovayı yukarı yönde itmektedir. Bu durumda iğne de yukarı çekilerek gövde içerisinde yer alan bilyeler dışarı çıkmaktadır. Şekil 4.36'da yeni tapa tasarımının namludan çıktıktan sonra atmosferde çalışma prensibini göstermektedir.



Şekil 4.36. Yeni tasarım a) 11ms, b) 12 ms bilye hareketleri

İğne'nin zamana göre yer değiştirme ve ivme grafiği Şekil 4.37'de gösterilmektedir. Analiz sonuçlarına göre iğne namlu içinde yaklaşık 2,6 mm hareket etmektedir. Bu sonuç, tasarımın sınırları içerisinde yer almaktadır.

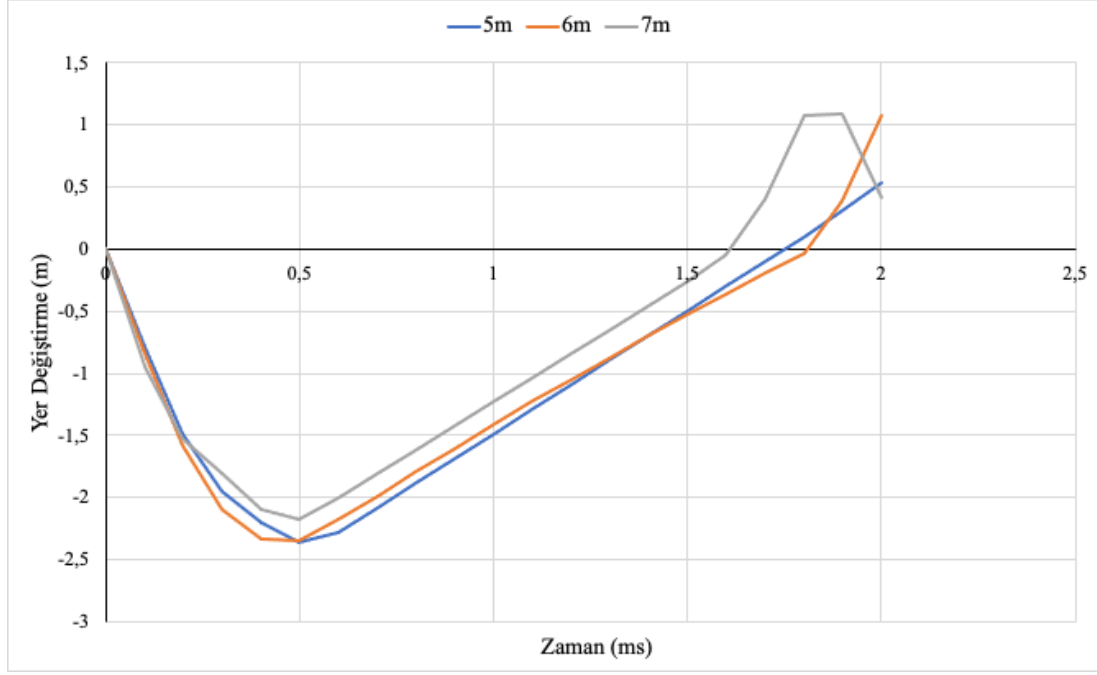


Şekil 4.37. Yeni tasarım iğne - yer değiştirme – ivme grafiği

$t=0,01$ s zaman adımından sonra iğne üzerine eksenel kuvvetin etkisi bitmekte ve yay açılarak ilk konumuna geri dönmektedir. Bu durum G kuvvetinin sadece namlu içinde olduğunu ve namlu çıkışında tamamen sıfırlandığını göstermektedir.

b) Farklı Yüksekliklerden Düşme Analizleri

Yeni tasarım için 5m, 6m ve 7m olmak üzere 3 farklı serbest düşme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler de bir önceki modelde anlatıldığı gibi çözdürülmüştür. Yere çarptığı anda İğne'ye *INITAL_VELOCITY_GENERATION kartı kullanılarak ilk hız tanımlanmıştır. Yeni tasarım için elde edilen analiz sonuçları Şekil 4.38'de gösterilmektedir.



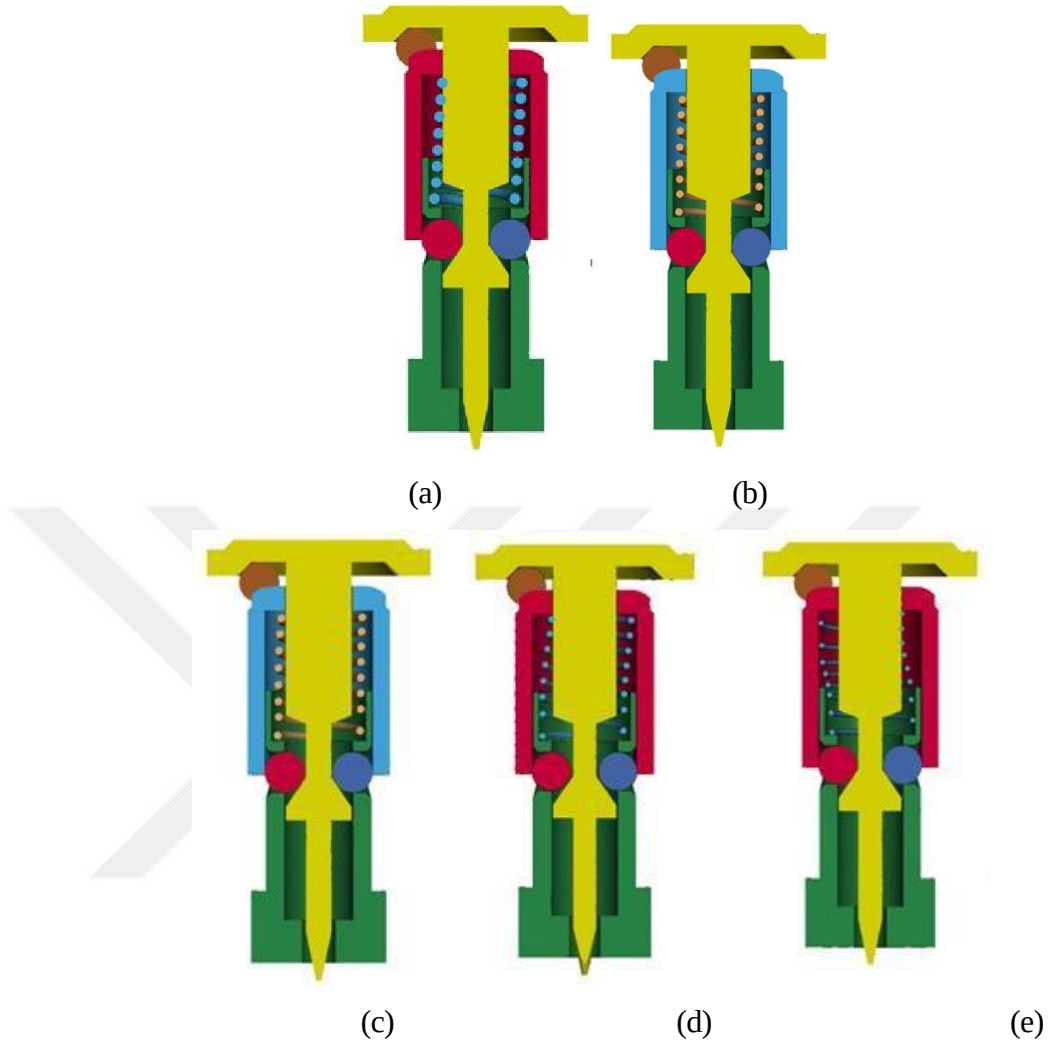
Şekil 4.38. Yeni tasarım farklı serbest düşme analiz sonuçları

Farklı yüksekliklerden (81mm mühimmatın çelik plaka üzerine düştüğünde 0,4-0,6 ms boyunca maruz kalacağı G değerine karşılık gelecek) yapılan düşürme analizinde ateşleme iğnesinin yaklaşık 2,4 mm hareket ettiği görülmüştür. Yapılan bu analize göre yeni tasarım ateşleme sisteminin (patlayıcı zincirinin açık olduğu durumda) 5 m ve üstündeki yüksekliklerde düşürme testlerinden sonra patlayıcıları aktif etmeyeceği görülmektedir. Analiz ve test sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Testi gerçekleştirilen yeni tasarımda iğne detonatöre temas etmemiştir. Analizlerde de bu durum gözlemlenmiştir.

c) 4 Farklı Yay ile Yeni Tasarım Analizi

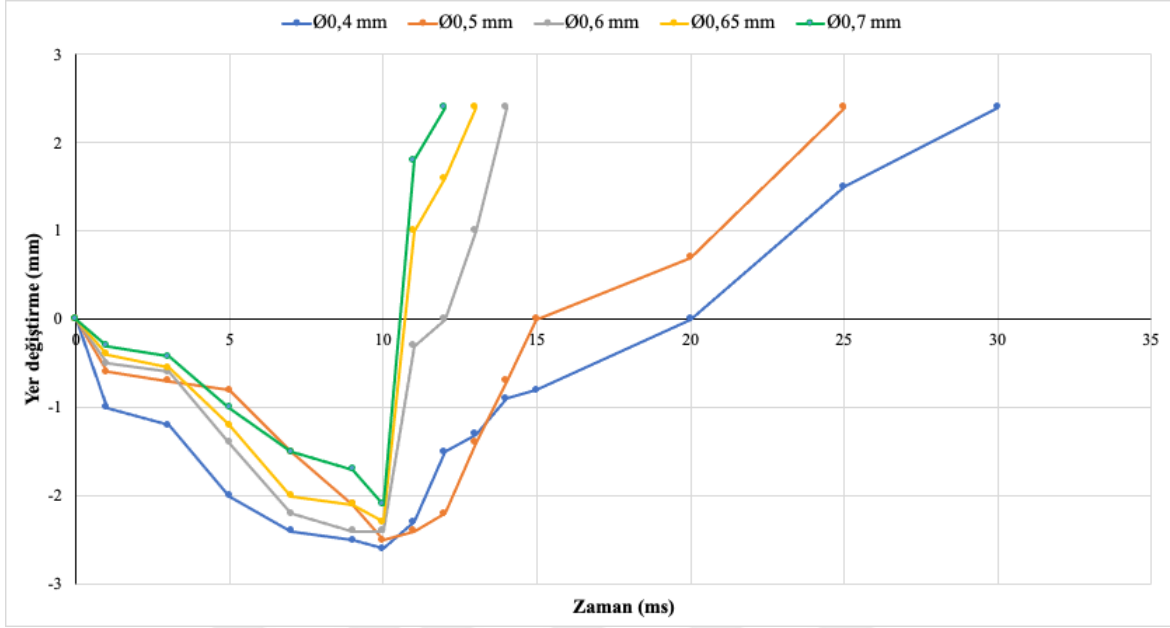
Yeni tasarımda kullanılan 0,65 mm çapındaki yay haricinde 0,4, 0,5, 0,6 ve 0,7 mm çapında olmak üzere 4 farklı yay daha analiz edilmiştir. Yapılacak tasarımda en doğru yay seçimi için bu analiz yapılmıştır. Analiz yönteminde kullanılan tüm yapılar aynı

kalarak modellerden sadece yaylar değiştirilmiştir. Analiz modelleri şekil 4.39’da gösterilmiştir.



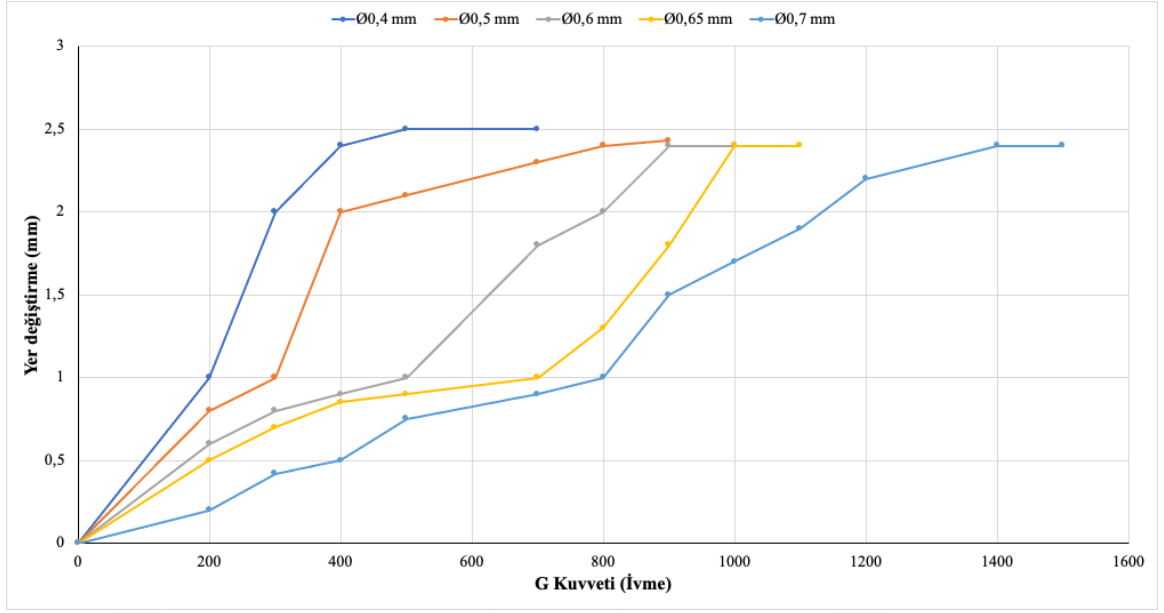
şekil 4.39. Yeni tasarım a) 0,7mm b) 0,65 mm c) 0,6 mm d) 0,5 mm e) 0,4 mm yay yel apı

Gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.40'ta gösterilmektedir.



Şekil 4.40. Farklı yay tel çapı için iğne yer değiştirme – zaman grafiği

Gerçekleştirilen analizlerde 0,4 mm ve 0,5 mm yay tel çapına sahip modeller sırasıyla 30 ms ve 25 ms içerisinde aktif olmuştur. Bu duruma yay kuvvetlerinin yetersiz olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Yetersiz yay kuvveti, mekanizma içerisinde yer alan kovan ve ateşleme iğnesini yukarı doğru çıkarmakta daha uzun bir zamana ihtiyaç duymaktadır. 0,6 mm yay tel çapına sahip model yaklaşık 14 ms'de aktif duruma gelmiştir. Güncel kullanılan 0,65 mm yay tel çapına sahip modelde bu durum 12 ms olduğu gözlemlenmiştir. 0,7 mm yay tel çapına sahip model yaklaşık 11 ms'de aktif duruma gelmiştir. Ateşleme iğnesinin kurulumunun namlu çıkışında gecikmesiz olarak tamamlanması kısa mesafeli atışlar için gereklidir. Ayrıca yetersiz yay kuvveti, mühimmatın havada uçuşu sırasında sürtünme kuvveti, yağmur, dolu vb. etkilerle mühimmatın istenmeyen bir şekilde aktif olma riskini ortaya çıkaracaktır. Bu sebeplerden 0,4 mm ve 0,5 mm yay tel çapına sahip modellerin kullanılması uygun olmayacaktır. Diğer üç model arasından doğru yay seçimi için Şekil 4.41'de yer alan iğne yer değiştirme – ivme grafiğine bakılarak karar verilecektir.

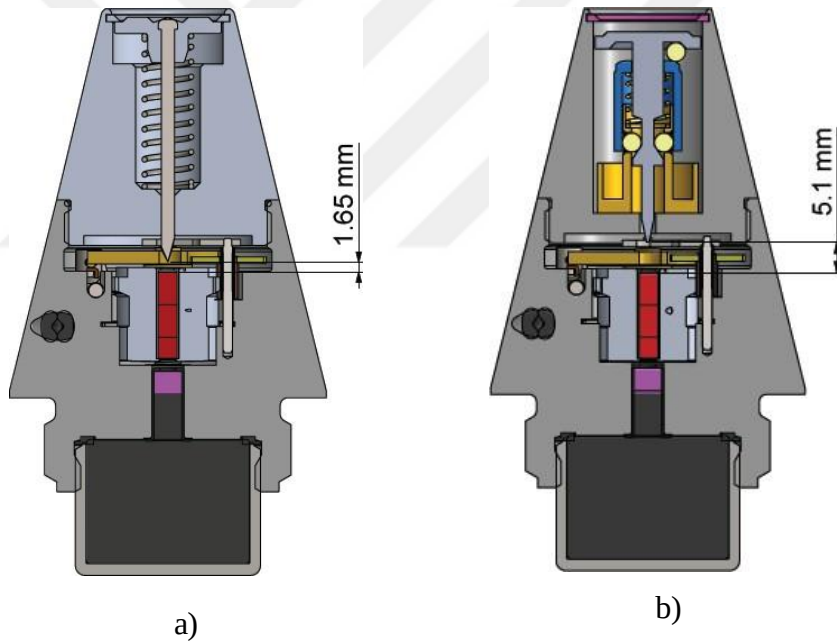


Şekil 4.41. Farklı yay tel çapı için iğne yer değiştirme – ivme grafiği

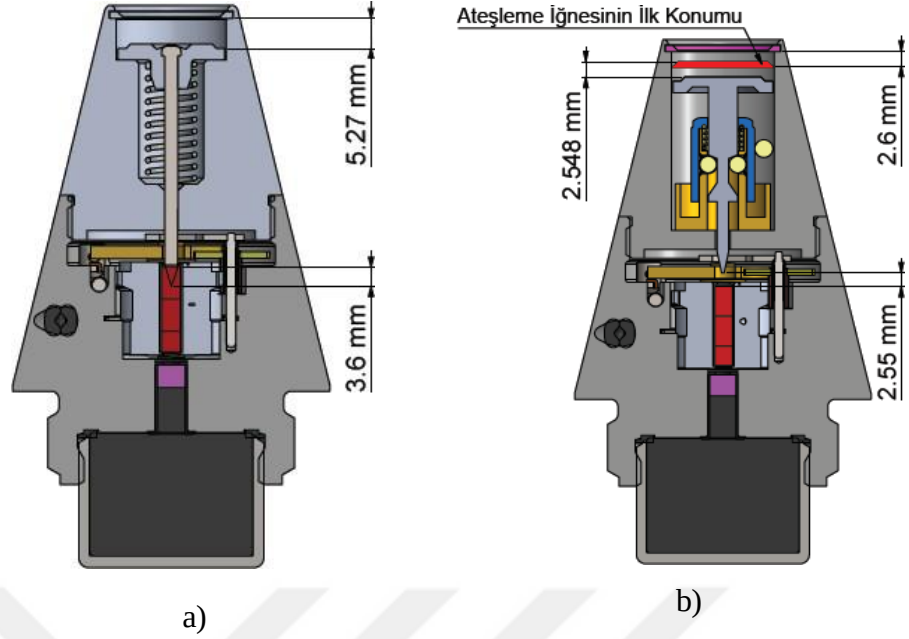
Analiz verilerine göre bütün yay tel çaplarında iğne yer değiştirme uzunluğu güvenli kısımda kalmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde 0,4 mm yay tel çapına sahip model yaklaşık 400G’de aktif olmuştur. Bu durumun nedeninin yay kuvvetinin yetersiz olduğu düşünülmektedir. 0,5 mm tel çapına sahip yay modeli yaklaşık 800 G’de aktif olmuştur. 0,6 mm tel çapına sahip yay modeli yaklaşık 900 G’de aktif olmuştur. Güncel kullanılan 0,65 mm tel çapına sahip model yaklaşık 1000 G’de aktif olmaktadır. 0,7 mm tel çapına sahip yay modeli yaklaşık 1400 G’de aktif olmuştur. Dünyada ve ülkemizde havan tapa üreticilerinin tapa katalogları incelendiğinde emniyet olarak tapanın 650-1200 G kurulma ivme değerinin arasında olması gerekliliği görülmektedir. Bunun sebebi mühimmatların atış konseptine göre en düşük barut hakkında fonksiyon yapabilme zorunluluğudur. Bu yüzden tapa mekanizmalarının bu değerler arasında çalışması gerekmektedir. Kurulma ivme değerleri göz önüne alındığında 0,4 ve 0,7 mm tel çap modellerin uygun olmadığı, 0,5, 0,6 ve 0,65 mm tel çap modelleri kıyaslandığında emniyet açısından 1000G kurulma ivme değerine sahip olan 0,65 mm tel çap modelin diğer yay modellerine göre daha emniyetli olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan sayısal analiz çalışmaları sonucunda elde edilen verilere göre yeni ve mevcut ateşleme iğne sisteminin analiz sonuçları kıyaslandığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Emniyetli konumdaki **mevcut iğne sisteminin** emniyetsiz konumdaki güvenlik kurma mekanizması içerisindeki detonatöre uzaklığı 1,65 mm olduğu Şekil 4.42.a'da ve mevcut iğne sisteminin 1000 G eksenel ivme kuvveti ile namlu içinde 5,27 mm geri çekildiği Şekil 4.43.a'da belirlenmiştir. Ayrıca bu geri çekilme ile birlikte iğnenin detonatörün içine 3,6 mm nüfuz ettiği (Şekil 4.43.a) görülmüştür.
- Emniyetli konumdaki **yeni tasarım iğne sisteminin**, alt kısmında yer alan emniyetsiz konumdaki güvenlik kurma mekanizması içerisindeki detonatöre uzaklığı 5,1 mm olduğu Şekil 4.42.b'de ve yeni tasarım iğnenin 1000 G eksenel ivme kuvveti ile namlu içinde 2,548 mm geri çekildiği ve detonatöre 2,55 mm yaklaştığı ancak temas etmediği Şekil 4.43.b'de görülmüştür.



Şekil 4.42. Ateşleme iğnesinin **emniyetli konumda** detonatöre olan uzaklıkları,
a) Mevcut sistem, b) Yeni sistem



Şekil 4.43. Ateşleme iğnesinin *atış anında – namlu içinde* detonatöre olan uzaklıkları, a) Mevcut sistem, b) Yeni sistem

- Farklı yüksekliklerden yapılan düşürme analizinde (patlayıcı zincirinin açık olduğu durumda) mevcut ateşleme iğnesinin yaklaşık 4,7 mm hareket ettiği görülmüştür. Yeni tasarım ateşleme iğne sistemi ile yapılan düşürme analizinde ateşleme iğnesinin yaklaşık 2,4 mm hareket ettiği görülmüştür. Yapılan bu analize göre mevcut ateşleme sisteminin 5 m ve üstündeki yüksekliklerde düşürme testlerinden sonra patlayıcıları aktif ettiği, yeni tasarım ateşleme sisteminin düşürme testlerinden sonra patlayıcıları aktif etmediği görülmektedir. Patlayıcı detonatörün aktif olabilmesi için ateşleme iğnesinin yaklaşık 1,5 mm detonatöre nüfuz etmesi yeterli olmaktadır. Analiz ve deneysel test sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.
- Yeni tasarım ateşleme iğne mekanizmasında kullanılan farklı model yaylar ile yapılan analizlerde 0,4 mm yay tel çapına sahip modelin yaklaşık 400G’de, 0,7 mm yay tel çapına sahip modelin yaklaşık 1400G’de aktif olduğu görülmüştür. Tapanın 650-1200 G kurulma ivme değerinin arasında olması gerekliliğinden dolayı 0,4 mm modele ait yay kuvvetinin yetersiz olduğu, 0,7 mm modelin yay kuvvetinin fazla olduğu görülmüştür. 0,5 mm tel çapına sahip yay modeli

yaklaşık 800 G’de aktif olmuştur. 0,6 mm tel çapına sahip yay modeli yaklaşık 900 G’de aktif olmuştur. Bu iki modelin kullanılmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır. Ancak 0,65 mm model yaklaşık 1000 G’de aktif olmaktadır. Kurulma ivme değerleri göz önüne alındığında 0,65 mm çap modelin diğer yay modellerine göre daha emniyetli olduğu gözlemlenmiştir.

Sayısal modelleme test sonuçlarından, yeni tasarım ateşleme sistemli üst gövdenin **en az 1000 G** eksenel ivme kuvvetiyle kurulumunun başladığı ve eksenel ivme bittikten sonra (namlu çıkış) kurulumunu tamamladığı için, hiçbir durumda namlu içinde aktive olmadığı görülmüştür. Ancak, mevcut havan tapasının üst gövdesinin atış anında **1000 G** eksenel ivme kuvvetiyle namlu içinde aktif bir şekilde geri çekildiği görülmüştür. Namlu içinde ateşleme iğnesinin patlayıcı zincirinin ilk halkası olan kapsülü patlatmasını önlemek, güvenlik açısından hayati öneme sahip olacaktır. Çünkü, kuyruk dengeli havan tapasında bulunan ateşleme iğnesi, atış esnasında merminin aldığı ivmenin etkisiyle atış yönünün ters istikametine doğru geri çekilmektedir. Tapanın alt gövde içerisinde yer alan güvenlik ve kurma mekanizması eğer kurulu ise (yani rotorda bulunan detonatör patlayıcı zinciri ile aynı eksene gelmişse) iğne detonatöre çarpmakta ve infilak gerçekleşmektedir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde, geliştirilen ateşleme iğne mekanizması bu dezavantajı ortadan kaldırmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Askeri açıdan son derece kritik olan mühimmat tapalarında güvenlik ve emniyet büyük önem arz etmektedir. Mühimmatlarda kullanılan tapaların emniyet anlamında 100% güvenilir olması kritik önem taşımaktadır. Bu sebepten, havan tapalarının istemsiz olarak fonksiyon yapmasından kaynaklanabilecek can kayıplarını ve maddi hasarları engellemek amacıyla tapa sistemlerine ilave güvenlik mekanizması tasarlanmıştır. Mühimmat tapalarında, her türlü olumsuz senaryoda silah sisteminin ve personelin emniyette kalmasını sağlayan güvenlik kurma mekanizması bulunmaktadır. Özellikle bu mekanizmanın, havan tapasında kazara devreye girmesi halinde, mühimmatın namlu içinde patlamasına neden olacağı değerlendirilmiştir. Bu nedenle, yeni tasarlanan üst gövde ateşleme iğne sisteminin kuruluma başlaması için atış sırasında namluda en az 1000 G eksenel ivme kuvvetine maruz kalması gerekmektedir. Sistemin kurulumunu namludan çıktıktan sonra gerçekleştirmesinden dolayı da mühimmatın namlu içinde patlaması önlenmiştir. Bu durum; yapılan G, dinamik, çevresel ve atışlı testlerle kanıtlanmıştır. Ayrıca sonlu eleman yöntemi ile yeni ve mevcut ateşleme sistemi analiz edilmiştir. Sonuçlara ilişkin detaylar aşağıda verilmiştir:

- Analiz sonuçlarına göre; yeni tasarım iğnenin 1000 G eksenel ivme kuvvete maruz kaldıktan sonra namlu içinde 2,548 mm geri çekildiği ve detonatöre 2,55 mm yaklaştığı ancak temas etmediği görülmüştür. Ancak buna kıyasla mevcut iğne sisteminin 1000 G eksenel ivme kuvvete maruz kaldıktan sonra namlu içinde 5,27 mm geri çekildiği ve detonatörün içine 3,6 mm nüfuz ederek detonatörü patlattığı görülmüştür.
- Tapanın; burun çap, vida çap, kısmi boy, tam boy ve dış çap ölçülerinin kontrolleri STANAG 2916'ya göre yapılmış ve standartta belirtilen ölçülere uygun sonuçlar alınmıştır.
- MIL-STD-331 standardında yer alan çevresel testlerden jolt (darbe) testi, jumple (karıştırma) testi, düşürme testi, titreşim testi, sıcaklık-nem testi, tuz testi, termal şok testi, sızdırmazlık testi yapılmıştır ve standartta yer alan test geçme kriterlerine göre uygun sonuçlar alınmıştır.
- Tapanın namlu önü emniyet testi için 35 ± 1 metre mesafede bulunan 4,0 cm kalınlığındaki çam hedef üzerinde fonksiyon yapmadığını, gecikmeli

fonksiyon testi için 170 ± 2 metre mesafede bulunan 4,0 cm kalınlığındaki çam hedefi delip geçtikten sonra 60 milisaniye gecikmeli fonksiyon yaptığını ve zemine çarptığında hassas bir şekilde fonksiyon yaptığını teyit etmek için atışlı testler gerçekleştirilmiştir. Atışlı testlerde mühimmatın güvenli bir şekilde namludan ayrıldığı ve istenilen şartları sağladığı görülmüştür.

- Yeni ateşleme sistemli tapa ve mevcut ateşleme sistemli tapa, hem deneysel hem de sayısal analiz yöntemi ile düşürme testlerinde kıyaslanmıştır (Düşürme testlerinde güvenlik kurma mekanizması kurulu durumdadır). Mevcut tapanın 4-9 metre aralığında patladığı ancak yeni sistemli tapanın 4-9 metre aralığında patlamadığı görülmüştür.
- Yeni tasarımda kullanılabilecek en doğru yay seçimi için (Analiz yönteminde kullanılan tüm yapılar aynı bırakılmış olup modellerden sadece yaylar değiştirilmiştir) 0,65 mm çapındaki yay haricinde 0,4, 0,5, 0,6 ve 0,7 mm çapında olmak üzere 4 farklı yay daha analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 650-1200 G kurulma ivme değerinin arasında kalan, 10 ms sürede aktif olan ve emniyet açısından 1000G kurulma değerine sahip olan 0,65 mm tel çaplı yay modeli seçilmiştir.

Bu çalışmalarda ilave güvenlik mekanizmalı tapanın aşağıda yer alan aşamaları başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

- Teknik yapılabirlik çalışmaları,
- Kavramsal geliştirme,
- Ön tasarım ve ön teknik resim çalışmaları,
- Kavramsaldan detaylı tasarıma geçiş (laboratuar testleri, benzetim, dinamik testler),
- Detaylı teknik resim çalışmaları,
- Prototip üretim,
- Fiziksel, statik ve dinamik testler,
- Tasarım/Ürün doğrulama (Fiziksel, statik, dinamik testler, çevresel testler ve atışlı testler)

Literatürde yapılan benzer çalışmalarda, ateşleme iğne sistemi mekanizmaları ile güvenlik kurma mekanizmaları birbirine bağımlı olarak çalışmaktadır. Birbirine bağımlı sistemler, emniyet açısından riskler barındırmaktadır. STANAG 4187 ve MİL-STD-1316'da birbirinden bağımsız iki emniyet sistemi ifade edilmektedir. Yapılan tasarım, standartlarda belirtilen birbirinden bağımsız iki emniyet ifadesini karşılamaktadır. Çünkü hem ateşleme iğne sistemi hem de GKM birbirinden bağımsız olarak kurulmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde mevcut havan tapalarına ve yeni tapa tasarımlarına bu güvenlik sisteminin entegre edilmesi tapaya ikincil bir emniyet kazandıracaktır. Bu çalışmaların asıl amacı emniyetli yeni bir havan tapası geliştirmektir. Bu emniyet sayesinde tapanın, dünyada ve ülkemizde, günümüz teknoloji otomatik yüklemeli silah sistemleriyle entegre kullanımı sağlanmıştır. Mevcut tasarımdan daha emniyetli yeni sistemin tasarımı tamamlanmış ve yapılan testlerle de güvenilirliği kanıtlanmıştır. Bu çalışmalardan kazanılan tecrübe ve bilgi birikimiyle gelecekte yapılabilecek tapa projeleri için önemli yol kat edilmiştir. Geliştirilen bu havan tapası Türkiye'nin yerli ve milli ilk mekanik çarpmalı havan tapasıdır.

ÖNERİLER

Havan tapalarının emniyetini arttırmak için aşağıda yer alan diğer çalışmalarda ileride yapılacak geliştirme çalışmalarında dikkate alınabilir ve kullanılabilir.

- Havan tapalarının burun kısmına türbin yapısı eklenerek yeni bir emniyet özelliği kazandırılabilir. Bu sayede, kuyruk dengeli mühimmatın, uçuş sırasında oluşan hava akımı ile burun kısmı döndürülebilir ve santrifüj etkisi oluşturulabilir. Bu sayede rotor ya da ateşleme iğnesi istenilen merkezkaç kuvveti olmadan kilitli durumda kalacaktır. Ayrıca geliştirilecek bu türbin yapısı drone tapası, uçak bomba tapası gibi farklı konsept tapalarda da kullanılabilir. Bu yapı sadece emniyet olarak kullanılmasının yanı sıra tapanın enerji ihtiyacı için de kullanılabilir.
- Ateşleme iğne sisteminde yer alan kovana zikzak kanalı açılarak, kovanın atış esnasındaki geri çekilmesini belirli bir gecikme ile yapması sağlanabilir. Bu sayede ateşleme iğne sistemi de GKM'nin kurulma sürecine benzer bir şekilde belirli bir zamanda kurulum gerçekleştirmeyecektir. Bunun sonucunda da sistemin güvenilirliği ciddi manada arttırılacaktır.
- Elektronik çarpma anahtarlı bir elektronik modül ile havan tapasının emniyeti arttırılabilir. Çünkü çarpma anahtarının aktif olabilmesi için sistemde bir enerji dolaşımının olması gereklidir. Sistemin ihtiyaç duyduğu enerji ise bir batarya ya da türbin ile elde edilebileceği için istemsiz bir aktivasyon durumu söz konusu olmayacaktır. Enerjinin oluşum ve iletim süreci mühimmatın namludan uzaklaşması için yeterli olacaktır.
- Ateşleme iğne sistemi çok kısa süreler boyunca yaşanan yüksek G hızlanmalarında kurulmadan, sadece bir silah namlusunda meydana gelen ateşleme hızlandırmalarına belirli bir süre boyunca maruz kaldığında kurulacağı şekilde tasarlanabilir. Bunun için sistemde yer alan kovan üzerindeki bilyanın anlık G sırasında düşmemesi için üst gövde iç tasarımı değiştirilebilir. Bu tasarımda kovan'ın, üst kısmında yer alan bilyanın düşmesine engel olacak şekilde kısıtlı hareketine izin verilmelidir. Kovan'ın tam hareketi ise silah namlusunda meydana gelen ateşleme hızlandırmalarına

belirli bir süre boyunca maruz kaldığında olmalıdır. Üst Gövde ve ateşleme iğne mekanizması bu şekilde dizayn edilmelidir. Bu tasarım yapılırken tapanın burun ezilme hassasiyetleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle çarpma sırasında ezilerek fonksiyonu sağlayan pul yapısının çap ölçüsündeki azalmalar fonksiyon ve hedef üzerindeki etkinlikte dezavantaj sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

1. Corbin A. M. (1970). Fuze Safety Concepts. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD0875185>.
2. Morley A. J. (1990). Ammunition Accidents-Their Causes, Investigation and Prevention”. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA526821>.
3. MILHDBK- 757 (AR) (1994). Military Handbook. “Fuzes, Department of Defence”, United States of America. <https://bulletpicker.com/> İndirilme Tarihi: 05.01.2022.
4. Fowler S. E. (1999). *Safety And Arming Device Design Principles*. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA363924.pdf>.
5. Alon H. (2015). “Safety Assembly For An Ammunition Fuze”. Patent No: EP 2 943 740 B1.
6. Perrin M. (2017). Junghans Defence New Generation Fuzes to Improve Munition Efficiency, *Australian Explosive Ordnance Safety Symposium*. Canberra, Parari, 21-23 Kasım, 2017.
7. Gregorio M. ve Mogendovich E. (2007). Universal Dual Safe Training Fuze For Mortars. *51st NDIA Fuze Conference*. Nashville, USA, May 22-24, 2007.
8. Jeong J., Eom J., Lee S., Lim D. W., Jang Y., Seo K. W., Choi S., Lee C. J. ve Oh J. S. (2018). Miniature Mechanical Safety And Arming Device With Runaway Escapement Arming Delay Mechanism For Artillery Fuze. *Sensors and Actuators*, 279, pp. 518-524.
9. Zhijian Z., Weirong N., Xiaofeng W. ve Zhanwen X. (2014). Study on Parameters of MEMS Planar Zigzag Slot for Fuze. *Key Engineering Materials*, Vols. 609-610, pp 813-818.
10. Yoon S. H., Oh J. S., Lee Y. H. ve Lee S. W. (2005). Miniaturized Inertia Generators as Power Supplies for Small-Caliber Fuzes. *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol. 41-7, pp 2300-2306.
11. Campagnuolo C.J. ve Andrews W. J. (2017). “Dual Safety Fuze For Grenade”. Patent No: US 9,638,503 B1.
12. Ziemba R. T. (1993). “Arming Delay, Dual Environment Safe Fuze”. Patent No: US 5,243,912.
13. Sibum K. (2013). “Hand Grenade Fuse”. Patent No: US 8.408,134 B2.
14. Geaney J., Schwartz B. ve Recchia S. (2009). Fuze Technology Integration (FTI) Improved 30 mm. *NDIA Fuze Conference*. Orlando, Florida May 19-21, 2009.
15. Geaney J. (2010). Fuze Technology Integration (FTI) Improved 30 mm - The Fuzing Evolution-Smaller, Smarter, and Safer. *54rd Annual Fuze Conference*. Kansas City, Missouri USA 11-12 May 2010.
16. Abbate P., Elalem M. ve Zhu L. (2019). “Foamed Celluloid Delay Fuze”. Patent No:US 10 , 317 , 182 B1.
17. Jeheon G. (2017). “İnsensitive Munitions Fuze”.Patent No: KR101802032B1.
18. Knight R., Wood R., Hoang T. ve Barham O. (2014). “Electro-Mechanical Fuze For Hand Grenade”. Patent No: US 8,887.640 B1.
19. Lee K., Kim B.S. ve Choi Y. (2016). “Shell Fuse Has A Firing Pin Which Is Operated By The Change Of İnertia On İmpact”. Patent No: KR101666216B1.
20. Garber K. (2014). “Self-destruction mechanism for a füze”. Patent No: WO2014106565A1.

21. Xuegong H. ve Zongyao L. (2010). Safety and Arming Method for Fuzes Based on Geomagnetic Field Signal. International Conference on Computer Application and System Modeling. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/5623023>.
22. Rastegar J., Murray R., Chen G. ve Hartley R. (2008). "Axially Compact Mechanical Igniter For Thermal Batteries And The Like". Patent No: US 2008/0110365A1.
23. Dirubbio V. ve Galinski E. (1990). "Safety Fuze For A Hand Grenade". Patent No: US 4,926,752.
24. Cheng G., Mehta N. ve Fuchs B. (2010). "Hand Grenade Fuze". Patent No: US 7,712,419 B1.
25. Donahue W., Cammack T. ve Pickler W. (1994). "Small Caliber Fuze With Arming Delay, Second Impact And Graze Sensitivity". Patent No: US5355801.
26. Taylor N. C. (2011). "Mechanical safe-and-arm device for a füze". Patent No: EP 2 287 558 A2.
27. Zinell A., Kienzler F., Westphal G. Leonhardt M. ve Ketterer R. (2008). "Safety device for fuze for spin-stabilized projectile". Patent No: EP 1 736 729 A1.
28. Mertens W. J. (1992). "Projectile having a movable interior füze". Patent No: 5,081,929.
29. Bae System. (2019). "Fuze indication system". Patent No: EP3575736A1.
30. Minseok Kim. (2019). "Safety arming device and arming assembly having the same". Patent No: KR102032555B1.
31. Kyu-Ho Lee. (2018). "Concussion fuse that can control firing time depending on piercing or rebounding". Patent No: KR101901229B1.
32. Kim Gi Soo. (2019). "Course correction fuze for explosive projectile of high-angle gun firing type". Patent No: KR102030117B1.
33. David J. P. (2008). "Course correcting füze". Patent No: WO2008143707A2.
34. Boris J. F., Matthias W. ve Wolfgang Z. (2019). "Wind wheel, drive and igniter". Patent No: EP 3 153 812 B1.
35. Ingo S., Frank K. ve Gerd J. G. (2003). PDSD DM431 – German 40mm HV SDF. *47th NDIA Annual Fuze Conference*. New Orleans, USA 2003.
36. Hélène P., Carole R., Marjorie S. ve Fabrice M. (2010). Integration of a MEMS based safe arm and fire device. *Sensors and Actuators A: Physical*, Vols. 159, pp 157–167.
37. Cooper E. ve Bobetsky A. (2003). An Empirical Study of the M739A1 S&A Device Operational Range. *47th NDIA Annual Fuze Conference*, New Orleans, USA 8-10 April 2003.
38. Lewis K. (2003). Extending the Arming Distance of MOFA. *47th Annual Fuze Conference*, New Orleans, USA 8-10 April 2003.
39. Pete B. ve Tony P. (2008). XM1156 precision guidance kit (PGK), *Information Briefing for 52nd Annual Fuze Conference*, 13 – 15 May 2008.
40. Chichikov V. V., Fedorov V. N., Saykov D. S., Fedotov D. A. ve Shumilin S. A. (2019). "Head mechanical fuse", Patent No: RU2708741C1.
41. Kim Nak-chan. (2012). "Fuse or detonator improved reliability of safety device assembly". Patent No: KR101205246B1.
42. Akyapı B. ve Yılmaz C. (2018). Development Of Low Energy Electric Initiator, Fuzing Solutions - A Global Perspective, *61st Annual Fuze Conference*, 15 – 17 May 2018.

43. Conover M. R. (2006). Increasing the Reliability of General Purpose Bomb Fuzing in Precision Strike Warfare, " Master's Thesis, University of Tennessee.
44. K. Gurses ve B. Acar (2018). Modeling Dynamic Behavior of a Safety and Arming Mechanism, Science in the Age of Experience. Retrieved from <https://www.researchgate.net>.
45. Jakob G., Per D. Helge K., Rolf J., Maaik M. ve Visser T. (2010). Use of conductive adhesive for MEMS interconnection in ammunition fuze applications. *Engineering Journal of Micro-nanolithography Mems and Moems*.Vol. 9(4). 041108-(1-10).
46. Lee D ve Yoon K. (2018). A Study on the Estimation of Shelf Life for Fuze MTSQ KM577A1 from ASRP Data. *Journal of Applied Reliability*. V.18, no.1, 2018 , pp. 56-65.
47. Ju J. C., Kim Y.H., Ahn N.S., Kim S.M. ve Ha S.R. (2016). Research on the Decrease of Dud Ammunition Rate of 40mm Grenade (K200) Fuze through Quality Improvement. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. Volume 17 Issue 6 / Pages.700-707.
48. Ju J.C., Kweon M.S., Kim S.M ve Ahn N.S. (2016). Research on the Ammunition Automatic Test Algorithm for Improving Safety & Reliability of 40mm Grenade(K212) Fuze. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. Volume 17 Issue 7 / Pages.14-22.
49. Rongchang S., Longfei Z., Junbo W., Chuanqin L. ve Linqiang M. (2010). Dynamic characteristics research for mechanical timing mechanism in ammunition by simulation. *Applied Mechanics and Materials*, Vols 34-35, pp 1563-1567.
50. Rezgui N., Dragoljub V., Boulahbal C., Novica R. ve Dali M. A. (2018). Increasing The Precision Of Artillery Ammunition. 9. *DQM International Conference*. Prijevor, Serbia, 2018.
51. Mike T. (2003). Inductive Settable Electronic Time Fuze for Mortars. *47th NDIA Annual Fuze Conference*, April 2003.
52. Wang F., Lou W., Fu Y. ve Wang Y. (2013). Parametric research of MEMS safety and arming system. *The 8th Annual IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems*, Suzhou, 07-10 April 2013.
53. Wei N., Zhan X., Wei X ve Zhi Z. (2013). Study on Inertial Response Performance of A Micro Electrical Switch for Fuze, *Defence Technology*, Vol. 9, pp 187-192.
54. Kroon E. J., Bouma R.H.B. ve Hooijmeijer P.A. (2016). Mortar exercise accident Mali, General technical research questions regarding the debris, Dutch Safety Board, Report TNO R11512, 2016.
55. Dennis M., Hanrahan B. ve Brackman C. (1991). Electronic Fuzing. Retrieved from www.ti.com/lit/ Erişim Tarihi: 05.07.2021
56. Federation of American Scientists (2017). Mortars. <https://fas.org/irp/doddir/army/tc3-22-90.pdf/> İndirilme Tarihi: 10.08.2020.
57. Anadolu Ajansı (2019). <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/mehmetcikin-yeni-sungusu-goreve-hazir/1380572/>Erişim Tarihi: 10.08.2020.
58. Zangrando R. A. (2002). "Automated loader assist for mortars". Patent No: US6460448B1.
59. Ammunition. Retrieved from <https://Dictionary.com/browse/ammunition/> Erişim Tarihi: 11.06.2021.
60. <https://www.millisavunma.com/mkek-hafif-ve-agir-muhimmat-ailesi/> Erişim tarihi:11.03.2023.

61. Model roketçilik. Retrieved from <https://www.roketsan.com.tr/İndirilme> Tarihi: 14.10.2022.
62. Precision guided mortar. Retrieved from <https://defence-blog.com/army/general-dynamics-unveils-next-gen-precision-guided-mortar-systems-during-exhibition-in-canada.html>/Erişim Tarihi: 31.05.2019.
63. Precision Guided Extended Range Artillery Projectile. Retrieved from <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m982-155-pics.htm>/ Erişim Tarihi: 14.10.2022.
64. Bilyeli harp başlığı gövdeleri. <http://www.bariselektrik.com.tr/urun/bilyeli-harp-basligi-govdeleri/> Erişim Tarihi: 15.03.2023.
65. Kovan. <https://kovansan.com/5-56-mm/> Erişim Tarihi: 15.03.2023.
66. Kapsül. <https://www.mke.gov.tr/> Erişim Tarihi: 11.03.2023.
67. Propellant. <https://csgdefence.cz/propelling-charge/> Erişim Tarihi: 08.03.2023.
68. Yoon S. H., Oh J. S., Lee Y. H. ve Lee S. W. (2005). Miniaturized Inertia Generators as Power Supplies for Small-Caliber Fuzes. IEEE Transactions On Magnetics, Vol. 41-7, pp 2300-2306.
69. Anonim. (1975). Tapa dizaynında esaslar, Mke Mühimmat Fabrikası Etüd ve Geliştirme Kısım Müdürlüğü, Mayıs 1975.
70. Yıldız S. (2016). Dönülü ve dönüsüz mühimmat tapalarında kurulma süresini ve devrini etkileyen parametreler. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kırıkkale.
71. <https://www.theguardian.com/us-news/2017/may/03/us-army-photographer-hilda-claytonphoto-death>. Erişim Tarihi: 10.07.2020
72. Wiedefeld W. G., Peterson M. H. ve Cote W. F. (1995). “Electronic time Fuze”. Patent No: US5440990A.
73. Ulaş F. (2012). Mühimmatlar İçin Elektronik Zaman Ayarlı Ateşleyici Sistem Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kırıkkale.
74. Elektronik time fuze. Retrieved from <https://profilpelajar.com/>Erişim Tarihi: 16.08.2022.
75. LiSOC12 Reserve Battery for Use in Electronic Fuzes. https://www.diehl.com/cms/files/15-03-06_Use_in_elect_Fuzes.pdf/İndirilme Tarihi: 03.09.2020.
76. Davis M. (2004). XM784/XM785 ETFM Development Program, *48th Annual Fuze Conference*, Charlotte, NC, 26 - 28 April 2004.
77. Pergolizzi A. ve Ward D. (2001). Design and Development of a new Electronic Time (ET) Fuze for Mortars(XM784/XM785), *45th Annual Fuze Conference*, Long Beach, CA, 16-18 April 2001.
78. New generation mortar fuzes. Retrieved from <https://www.defenceweb.co.za/> Erişim Tarihi: 17.04.2020.
79. Proximity sensor for fuze. Retrieved from <https://www.academia.edu/> Erişim Tarihi: 13.06.2019.
80. Mortar fuzes. Retrieved from. <https://www.fuchs.co.za/products/mortar.html>. Erişim Tarihi: 03.09.2021.
81. Ziemba R. T. (1992). “Multi-Option Fuze System”. Patent No: US5147973A.
82. Multi option mortar fuzes. Retrieved from <https://m.hanwhacorp.co.kr/eng/> Erişim Tarihi: 03.09.2021.
83. Perrin Max. (2011). Fuzing's Evolving Role in Smart Weapons. *55th NDIA Annual Fuze Conference*, Salt Lake City, 2011.

84. Course Correction Artillery Fuze. Retrieved from <https://www.defenceprocurementinternational.com/Content/Profiles/junghans-defence/artilleryfuze-spacido-datasheet.pdf/> İndirilme Tarihi: 01.05.2022.
85. Fuze guidance kit. Retrieved from <https://www.eme-es.com/wp-content/uploads/2020/05/DataSheet-FGK-ENGLISH-V4.pdf/> İndirilme Tarihi: 16.08.2022.
86. Precision Guidance Kit. Retrieved from <https://www.globalsecurity.org/> Erişim Tarihi: 16.08.2022.
87. M1156 Precision Guidance Kit. Retrieved from <https://www.armyrecognition.com/> Erişim Tarihi: 05.01.2022.
88. STANAG 2916, Nose Fuze Contours And Matching Projectile Cavities For Artillery And Mortar Projectiles, *NATO Standardization Agency (NSA)*, 2009.
89. Mil- Std- 1316F, Department Of Defense Design Criteria Standard, *Fuze Design, Safety Criteria For*, 2017.
90. 60 mm Commando mortar. Retrieved from <https://www.defenceprocurementinternational.com/> İndirilme Tarihi: 15.12.2019.
91. 60 mm system. Retrieved from <https://hds.hirtenberger.com/60mm-system/> Erişim Tarihi: 15.12.2019.
92. 81 mm system. Retrieved from https://hds.hirtenberger.com/wp-content/uploads/2018/02/HDS_81mm_System.pdf. İndirilme Tarihi: 15.12.2019.
93. 81 mm mortar. Retrieved from www.defenceprocurementinternational.com/ İndirilme Tarihi: 15.12.2019.
94. 120 mm system. Retrieved from https://hds.hirtenberger.com/wp-content/uploads/2018/02/HDS_120mm_System.pdf/ İndirilme Tarihi: 15.12.2019.
95. MIL-STD-331D. (2017). Department of defense test method standard: *Fuze And Fuze Components, Environmental And Performance Tests*.
96. <http://www.sandv.com/downloads/0702metz.pdf>. İndirilme Tarihi: 05.06.2023.
97. https://endevco.com/contentStore/mktgContent/endevco/dlm_uploads/2019/02/TP321.pdf İndirilme Tarihi: 05.06.2023.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serhad YILDIZ

Doğum Tarihi :

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lisans : Fırat Üniversitesi Makine Müh- 2007

Yüksek Lisans : Kırıkkale Üniversitesi Savunma Tek-2016

Çalıştığı Kurumlar ve Yıllar : Teknik Çözüm Mühendislik 2007-2009
Makine ve Kimya Endüstrisi 2009-

Yayınları (SCI) : Dış Kaynaklı Proje (MKE MOD 502
Havan Tapa Projesi-MKE A.Ş.)

Yayınları (Diğer) : Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme
Dergisi: Mekanik Tapalardaki Pandül ve Rotor
Ağırlık Değişimlerinin Namı Önü Emniyetine
Etkilerinin İncelenmesi.

Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri
Dergisi: Havan Mühimmatı Tapalarında Emniyet
Mekanizmalarının İncelenmesi

Araştırma Alanları : Mühimmat ve Tapa Sistemleri