

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DÖNÜLÜ VE DÖNÜSÜZ MÜHİMMAT TAPALARINDA
KURULMA SÜRESİNİ VE DEVRİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER**

SERHAD YILDIZ

HAZİRAN 2016

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalında Serhad YILDIZ tarafından hazırlanan DÖNÜLÜ VE DÖNÜSÜZ MÜHİMMAT TAPALARINDA KURULMA SÜRESİNİ VE DEVRİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Recep ÇALIN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Yüksel KAPLAN _____
Üye : Prof. Dr. Recep ÇALIN _____
Üye (Danışman) : Yrd. Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI _____
.../.../...

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

DÖNÜLÜ VE DÖNÜSÜZ MÜHİMMAT TAPALARINDA KURULMA SÜRESİNİ VE DEVRİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

YILDIZ, Serhad

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

Haziran 2016, 99 sayfa

Tez çalışmasında, mühimmatların atış öncesinde, atış anında ve atış sonrasında mühimmatın fonksiyon gösterdiği süreye kadar, silahlı kuvvet personelinin güvenliğini sağlamak için kullanılan ve mühimmatın en önemli parçası olan tapalarda, kurulma süresine etki eden parametreler deneysel olarak incelenmiştir.

Çalışmada, dönümlü topçu mühimmatlarında kullanılan M557 tapası ve dönüşüz havan mühimmatlarında kullanılan AZDM 111 A2 tapaları ele alınmıştır. İncelenen tapalarda Güvenlik Kurma Mekanizmasını oluşturan bileşenlerden pandül, rotor ağırlıklarında ve pandülün dişli çark ile çalıştığı kontak noktalarındaki radius değerlerinde değişiklikler yapılmış ve bu değişikliklerin kurulma sürelerine olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca dönümlü mühimmat tapalarının kurulmasını sağlayan yayların tel çap, dış çap ve sarım sayılarında da değişiklikler yapılarak, bu parametrelerin tapanın kurulma devri üzerindeki etkileri de deneysel olarak araştırılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda M557 ve AZDM 111 A2 tapalarının güvenlik kurma mekanizmalarını oluşturan bileşenlerden pandül, rotor ve yayların tapaların kurulma süresine ve devrine olan etkileri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tapa, mühimmat, güvenlik ve kurma mekanizması, kuyruk dengeli (dönüsüz) tapa, dönü dengeli (dönülü) tapa, pandül, rotor, yay.



ABSTRACT

THE PARAMETERS AFFECTING ARMING TIME AND ARMING ROTATIONAL SPEED OF THE FUZES USED IN FIN STABILIZED AND SPINING MUNITIONS

YILDIZ, Serhad

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Defence Technologies, M. Sc. Thesis

Supervisor: Yrd.Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI

June 2016, 99 pages

In this thesis study, the parameters affecting the fuzes, one of the most important sub-assembly of munitions ensuring safety for the military personnel from storage transportation and launching stage to explosion stage, are investigated by means of experiments.

M557 fuze for spinning artillery and AZDM 111 A2 fuze for spin stabilized mortar ammunition are taken into consideration for the study. The safety and arming devices' (S&A D) components of the fuzes such as rotor, pendulum were changed as weights and the radius of contact points of the pendulum with the gear varied. The effects of changing weights and radius variations on arming time are examined. In addition, the wire diameter, outside diameter and number of coils of the springs of the spinning ammunition fuzes were arranged in different sizes in order to witness the changes in arming rotational speed.

As a result of carried experiments M557 and AZDM 111 A2 fuzes, the effects of the components, which are rotor, pendulum and springs of safety and arming devices on arming time and arming rotational speed of the fuzes are determined.

Key Words: Fuze, ammunition, safety and arming device, fin stabilized fuze, spinning fuze, pendulum, rotor, spring.



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, bilgi ve birikimleriyle beni yönlendiren, akademik görevlerine rağmen bana zaman ayıran danışman hocam Sayın, Yrd. Doç. Dr. Zühtü Onur PEHLİVANLI'ya, tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımı esirgemeyen Kalite Güvence Müdürlüğü alıőanlarından Nazım DURMUŐ'a, çalıőmalarımın her aşamasında bana destek olan değerli arkadaşım Mahmut KOÇ'a, deneysel çalışmalar sırasında desteklerini esirgemeyen Mustafa YÜKSEL'e, Mühimmat Fabrikası C Otomat, Terkip Atölyesi, TAM atölyesi ve Atış poligonu çalıőanlarına ve dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan anneme, babama, kardeşlerime, her zaman yanımda olan eşim Seda'ya ve kızım Zeynep'e sevgilerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. MÜHİMMAT TAPALARI	5
2.1. Mühimmat	5
2.2. Tapa	5
2.3. Tapaların Sınıflandırılması	8
2.3.1. Fonksiyonlarına Göre Tapalar	9
2.3.1.1. Çarpmalı Tapalar	10
2.3.1.2. Zaman Tapaları	13
2.3.1.3. Yaklaşım Tapaları	15
2.3.1.4. Kumanda Edilebilir (Yörüngesi Değiştirilebilen) Tapalar	16
2.3.1.5. Kombinasyonlu Tapalar	18
2.3.2. Mekanizma Türüne Göre Tapalar	20

2.3.3. Taktiksel Uygulama Alanına Göre Tapalar.....	20
2.3.4. Kullanılma Amacına Göre Tapalar.....	20
2.3.5. Kullanıldığı Mühimmatının Çeşidine Göre Tapalar.....	21
2.4. Tapa Bileşenleri	21
2.4.1. Gövde.....	23
2.4.2. Baş Komplexi.....	23
2.4.3. Hassas Gecikme Ayar Anahtarı.....	24
2.4.4. Tavik (Gecikme elemanı) Komplexi.....	25
2.4.5. Güvenlik ve Kurma Mekanizması (Mekanik).....	26
2.4.5.1. Güvenlik Kurma Mekanizması Bileşenleri.....	28
2.5. Tapaların Çalışma Prensibi.....	37
2.5.1. Dönüsüz Tapaların Çalışma Prensibi.....	37
2.5.2. Dönülü Tapaların Çalışma Prensibi.....	42
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	48
3.1. Deney Numunesi Üretimi.....	48
3.1.1. Pandül Ağırlığı - Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi.....	48
3.1.2. Rotor Ağırlığı - Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi – Dönüsüz Tapa.....	50
3.1.3. Rotor Ağırlığı - Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi - Dönülü Tapa.....	52
3.1.4. Pandül - Çark Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi.....	54
3.1.5. Yay – Sıkışma Kuvveti İlişkisi İçin Numune Üretimi.....	57
3.1.6. Yay – Kurulma Devri İlişkisi İçin Numune Üretimi.....	60

3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar	64
3.2.1. Ağırlık Ölçüm Cihazı.....	64
3.2.2. Koordinat Tezgahı.....	65
3.2.3. Tapa Kurulma Süresi Ölçüm Cihazı.....	66
3.2.4. Profil Ölçüm Cihazı.....	67
3.2.5. Tapa Devir Ölçüm Cihazı.....	68
3.2.6. Yay Tansiyon Cihazı.....	70
3.3. Tapalara İlişkin Hesaplamalar	71
4. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	76
4.1. Pandül Ağırlığı – Kurulma Süresi Deney Sonuçları	76
4.2. Rotor Ağırlığı – Kurulma Süresi Deney Sonuçları – Dönüsüz Tapa	78
4.3. Rotor Ağırlığı - Kurulma Süresi Deney Sonuçları – Dönülü Tapa	80
4.4. Pandül-Çark Temas Noktası – Kurulma Süresi Deney Sonuçları.....	82
4.5. Yay Sıkışma Kuvveti Deney Sonuçları	84
4.5.1. Sıkışma Kuvveti – Yay Dış Çap İlişkisi.....	84
4.5.2. Sıkışma Kuvveti - Yay Sarım Sayısı İlişkisi.....	85
4.5.3. Sıkışma Kuvveti - Yay Tel Çapı İlişkisi:.....	87
4.6. Kurulma Devri – Yay Deney Sonuçları	88
4.6.1. Kurulma Devri - Yay Dış Çap İlişkisi.....	89
4.6.2. Kurulma Devri – Yay Sarım Sayısı İlişkisi.....	90
4.6.3. Kurulma Devri – Yay Tel Çapı İlişkisi.....	91
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. a.) El bombası, b.) Tahrip kalıbı , c.)105 mm mermi [10].	5
2.2. Mermi kompleksini oluşturan aksamlar [11]	6
2.3. a. M557 Tapası [12] b. AZDM 111 A2 Tapası [13]	6
2.4. Tapaların sınıflandırılması	9
2.5. Çarpmalı gecikmeli tapa kullanım alanları [17].	11
2.6. Çarpmalı gecikmeli tapa kullanım alanları [18].	11
2.7. Mekanik zaman tapası örneği [20].	14
2.8. Elektronik zaman tapası örneği [20]	15
2.9. Yaklaşımlı tapa örneği [20].	16
2.10. Kumanda edilebilir tapanın çalışma aşamaları [21].	17
2.11. Kumanda edilebilir tapa ve saçılım grafiği [21]	17
2.12. Kombinasyonlu tapa örneği [4].	19
2.13. Çok maksatlı tapa fonksiyonları [22].	19
2.14. Tapa kesit görünümü ve bileşenleri-1	22
2.15. Tapa bileşenleri-2.	22
2.16. Delme ile patlayıcı aktivasyonu [19]	23
2.17. Detonatör [19]	24
2.18. Kimyasal geciktirme elemanı [19].	25
2.19. Güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa üzerindeki yeri [24]	26
2.20. Mühimmatın konumuna göre güvenlik mekanizmasının pozisyonu [19].	27
2.21. GKM-X bileşenlerinin numaralandırılması	29
2.22. a.) Kurulmamış GKM-X kompleksi, b.) Kurulmuş GKM-X kompleksi	30
2.23. Rotor tasarımında ağırlık merkezi yer tayini	31
2.24. GKM dişli sistemi	31
2.25. Tapalarda kullanılan pandül örnekleri	32
2.26. Dişli sistemi-pandül gösterimi [8].	33
2.27. Pandül salınım hareketi hızı-tork ilişkisi.	33

2.28. Birlikte hareket gösterimi.....	34
2.29. Serbest hareket gösterimi	35
2.30. Çarpma hareketi gösterimi	35
2.31. Yemleme ve busterin gösterimi	36
2.32. Kurulmuş ve kurulmamış patlayıcı zinciri [19]	36
2.33. Havan tapası	38
2.34. Havan tapası bileşenleri-1	39
2.35. Havan tapası bileşenleri-2	39
2.36. Tahdit pimi- anahtar ilişkisi, a. Hassas, b. Tavikli.....	40
2.37. Emniyetli halde kurulmamış tapa.....	40
2.38. Hassas pozisyonda kurulmuş tapa.....	41
2.39. Tavikli (gecikmeli) pozisyonda kurulmuş tapa.....	42
2.40. Topçu tapası	43
2.41. Hassas-gecikme ayar anahtarı (hassas pozisyon).....	43
2.42. Tavik mekanizma kurulmamış pozisyon	44
2.43. GKM ve bileşenleri	45
2.44. Hassas-gecikme ayar anahtarı (gecikmeli pozisyon)	45
2.45. Tavik mekanizma kurulmuş pozisyon	46
2.46. GKM kurulmamış pozisyon	46
2.47. GKM kurulmuş pozisyon	47
3.1. CAD programında hazırlana pandül geometrileri.....	49
3.2. Hazırlanan pandül deney numuneleri.....	50
3.3. Hazırlanan rotor deney numuneleri – Dönüsüz	51
3.4. CAD programında hazırlanan rotor geometrileri.....	53
3.5. Hazırlanan rotor deney numuneleri – Dönülü.....	54
3.6. Pandül numunelerinin projeksiyon cihazıyla yarıçap ölçümü	56
3.7. Dış çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri.....	58
3.8. Sarım sayısı farklı olarak üretilen yay numuneleri	59
3.9. Tel çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri.....	60
3.10. Dış çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri.....	62
3.11. Sarım sayısı farklı olarak üretilen yay numuneleri	63

3.12. Tel çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri.....	64
3.13. Elektronik hassas terazi ile ağırlık ölçümü	65
3.14. Rotor ağırlıklarında değişikliklerin yapıldığı koordinat tezgahı.....	66
3.15. AZDM 111 A2 tapası zaman test cihazı	67
3.16. Profil projeksiyon cihazı	68
3.17. Devir tezgâhı	69
3.18. Hızlı kamera yardımıyla sürenin belirlenmesi	69
3.19. Yay tansiyon cihazı ile kuvvet ölçümü	70
4.1. Kurulma süresinin pandül ağırlığıyla değişim grafiği.....	78
4.2. Kurulma süresinin rotor ağırlığıyla değişim grafiği - Dönüsüz.....	80
4.3. Kurulma süresinin rotor ağırlığıyla değişim grafiği –Dönülü	82
4.4. Kurulma süresinin pandül temas yarıçapı ile değişim grafiği.....	83
4.5. Sıkışma kuvvetinin yay dış çap ile değişim grafiği	85
4.6. Sıkışma kuvvetinin yay sarım sayısı ile değişim grafiği.....	87
4.7. Sıkışma kuvvetinin yay tel çapıyla değişim grafiği	88
4.8. Kurulma devrinin yay dış çapıyla değişim grafiği.....	90
4.9. Kurulma devrinin yay sarım sayısı ile değişim grafiği	91
4.10. Kurulma devrinin yay tel çapıyla değişim grafiği	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. GKM-X' i oluşturan bileşenler	28
3.1. Pandül ağırlığı-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri.....	50
3.2. Rotor ağırlığı-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri –Dönüsüz.....	52
3.3. Rotor ağırlığı-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri –Dönülü.....	54
3.4. Pandül radius-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri.....	56
3.5. Dış çapı farklı olarak hazırlanan yay numunelerinin özellikleri.....	57
3.6. Sarım sayıları farklı olarak hazırlanan yay numunelerinin özellikleri.....	59
3.7. Tel çapları farklı olarak hazırlanan yay numunelerinin özellikleri.....	60
3.8. Dış çap –kurulma devri numune özellikleri	62
3.9. Sarım sayısı - kurulma devri numune özellikleri	63
3.10. Tel çap - kurulma devri numune özellikleri.....	64
3.11. Mermi-sevk barutu ağırlık oranı-ilk hız ilişkisi [26].....	72
4.1. Kurulma süresi-pandül ağırlığı deney sonuçları.....	77
4.2. Kurulma süresi – rotor ağırlığı deney sonuçları - Dönüsüz	79
4.3. Kurulma süresi – rotor ağırlığı deney sonuçları - Dönülü	81
4.4. Kurulma süresinin pandül temas yarıçapı ile değişimi deney sonuçları	83
4.5. Yay kuvvetinin yay dış çapı ile değişimi deney sonuçları	84
4.6. Yay kuvvetinin yay sarım sayısı ile değişimi deney sonuçları	86
4.7. Yay kuvvetinin yay tel çapı ile değişimi deney sonuçları.....	87
4.8. Kurulma devrinin yay dış çapına bağlı değişimi deney sonuçları	89
4.9. Kurulma devrinin yay sarım sayısına göre değişimi deney sonuçları.....	90
4.10. Kurulma devrinin yay tel çapına bağlı değişimi deney sonuçları	92

SİMGELER DİZİNİ

G	G kuvveti (birimsiz)
R	Mesafe (cm)
F	Kuvvet (N)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s ²)
M	Kütle (kg)
ω	Açısal hız (rad/sn)
n	Devir Sayısı (d/dak)
G	Mermi ağırlığı (kg)
L	Sevk barutu ağırlığı (kg)
V _o	Arzu edilen ilk hız (m/s)
Q	1 kg. sevk barutunun verdiği ısı (kcal/kg)
A	Isının mekanik eşdeğeri (427 kg.m/kcal)
Φ	Isı kaybı katsayısı (birimsiz)
D	Mermi çapı (m)
α	Yiv helis açısı (°)
V	Mühimmatın ilk çıkış hızı (m/s)
B	Mühimmatın çapı [namlu iç çapı (m)]
T	Twist (Yiv-Set)
T _a	Kurma süresi (sn)
d	Sürtünmesiz ortamdaki kurma mesafesi (m)
N	Tur sayısı (devir)

KISALTMALAR DİZİNİ

STANAG	Standardization Agreement
GKM	Güvenlik ve Kurma Mekanizması
GKM-X	Yeni Tasarım Güvenlik ve Kurma Mekanizması
MKE	Makina ve Kimya Endüstrisi
PETN	Pentaerythrol Tetranitrate
RDX	Royal Demolition Explosive (CyclotrimethyleneTrinitramine)
TNT	Trinitrotoluen
APERS	Antipersonal
AP	Armor-Piercing
HE	Blast or High Explosive
CP	Concrete-Piercing
HEAT	High Explosive Anti-Tank
RFID	Radio Frequency Identification
GPS	Global Positioning System
TTA	Turn To Arm
RPM	Revolutions Per Minute
MSN	Milisaniye
CNC	Computer Numeric Control

1. GİRİŞ

Teknolojik olarak hızla gelişen dünyada silah sistemleri de sürekli geliştirilmekte ve değişmektedir. Malzeme teknolojisindeki gelişmeler, yazılım alanında geliştirilen sistemler ve kimyasal patlayıcılar üzerinde yapılan çalışmaların bütünü silah sistemlerinde önemli gelişmeler kaydedilmesine yol açmıştır. Bütün bu çalışmalar sistemin güvenliğini en üst düzeye çıkartacak; aynı zamanda etkinliğini ve güvenilirliğini arttıracak şekilde kurgulanmaktadır. Özellikle 2. Dünya savaşından sonra silah sistemleri üzerinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Karada, havada ve denizde teknolojik olarak silah gücüne sahip ülkeler, 2. Dünya savaşında ve sonrasında (Kore, Vietnam, Körfez, Irak, Afganistan ve Ortadoğu'da halen devam eden savaşlar v.b.) yapılan harekâtlarda, geliştirilen silah sistemleri denenmiş ve yaşanan hareket tecrübelerinden, kazalardan, başarılı başarısız operasyonlardan ve personel kayıplarından dersler çıkartarak mevcut silah sistemlerini sürekli olarak geliştirmek zorunda kalmışlardır.

Uçak bombaları, roketler, topçu mühimmatı, havan mühimmatı, uçaksavar mühimmatı, deniz mühimmatı, el bombaları, mayınlar, torpidolar ve orduların sahip olduğu diğer askeri silahlar ve mühimmatların üretiminden görevini icra edinceye kadar ki tüm ömür döngüsü boyunca (depolama, nakliye, kullanım esnasında) tüm güvenlik ve emniyet şartlarını sağlamak zorundadır. Tüm bu güvenlik ve emniyet şartları için ise kullanılan silah sistemlerinde ve mühimmatlarda bazı güvenlik mekanizmaları zorunluluk haline gelmiştir. Bu mekanizmalar mekanik, elektronik ve kimyasal veya bunların kombinasyonu olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu mekanizmalar, mühimmatın silah sistemini terk etmesinden sonra personel ve donanım emniyeti için belirli bir mesafeye kadar mühimmatın infilak etmesini engeller. Bu mesafe, namlu önü emniyeti mesafesi olarak tanımlanır. Mühimmatın aktivasyonunun hangi zamanda ve nerede gerçekleşmesi kararını verecek olan ve aynı zamanda namlu önü emniyeti de dahil tüm emniyet mekanizmalarını ve patlayıcı zinciri ve bileşenlerini üzerinde bulunduran, mühimmata baş veya dip kısmından bağlanan sistemler tapa olarak adlandırılır. Namlu önü emniyet mesafesi de tapalar içerisindeki güvenlik ve kurma mekanizmalarıyla sağlanmaktadır. Kullanım

esnasında tapanın istenmeyen yer ve zamanda fonksiyon göstermesi, sistemi kullanan personel veya dost birliklerin can ve mal kaybına, istenen yer ve zamanda fonksiyon göstermemesi düşman hedeflerinin yok edilememesine veya bir çatışmanın veya savaşın akışını değiştirecek bir olaya sebep olabilir.

Tüm bu bilgiler ışığında bakıldığında tapalar mühimmatlar için son derece önemli bir bileşen olup, üzerinde sürekli olarak inceleme ve geliştirmeler yapılan bir konu durumundadır. Askeri ve gizli bir konu olması nedeniyle tapalar üzerinde yapılan çalışmaların fazla paylaşılmamasıyla birlikte literatürde yer alan bazı çalışmalar ve içeriklerine aşağıda yer verilmiştir.

Literatürde Güvenlik ve Kurma Mekanizmalarında bazı değişiklikler yapılarak kurulma süresi dolayısıyla kurulma mesafelerinin değiştirilmesini de içine alacak şekilde en kapsamlı çalışma David L. Overman tarafından yapılmıştır. M125 Busterin matematik analizi sonucu günümüzde kullanılan mekanik güvenlik kurma mekanizma tasarımları ile ilgili çok önemli sonuçlar elde etmiştir. Dişli sistemlerinin kurulma süresine olan etkileri, rotorun hareket edebilmesi için uygulanacak tork kuvvetinin ve rotorun ağırlık merkezinin ne kadar önemli olduğunu, 4 farklı güvenlik kurma mekanizmasının TTA (tur sayısı) karşılaştırılması, pandül- çark ikilisi arasındaki mesafenin ve pandülün çark ile temas ettiği kontak noktalarının genişletilmesinin süreye olan etkileri v.b. gibi birçok konuda önemli veriler elde edilmiştir [1].

Edward F. Cooper, güvenli kurma mesafesini arttırmak için bazı çalışmalar yapmıştır. Birinci çalışmada çinko döküm olan rotoru alüminyum rotor olarak dizayn etmiştir. Böylece alüminyum rotorun kütlesi %56 azalmıştır. Buna bağlı olarak kurulma süresi ise %32 artmıştır. İkinci çalışmada ise pandülün ağırlığı %61 arttırılmış ve buna bağlı olarak da kurulma süresi %40 artmıştır. Ayrıca bu iki çalışma birleştirilerek alüminyum rotor ve ağırlığı arttırılmış pandül birlikte kullanılmış ve kurulma süresinin %85 arttığı görülmüştür. Kurulma mesafeleri ise modifyesiz standart rotor ve pandül birlikte kullanıldığında 250 feet, alüminyum rotor ve ağırlığı arttırılmış pandül birlikte kullanıldığında ise 463 feet olarak ölçülmüştür [2].

Keith Lewis, güvenli kurma mesafesini arttırmak için rotorun ağırlık merkezi değişmeyecek şekilde, rotorda boşaltma yaparak rotoru hafifletmiş ve normalden iki kat daha ağır pandül ile birlikte kullanmıştır (Mofn GKM). Çalışmada Mofn GKM'nin kurulma süresi, devir testi, dinamik analiz ve abaqus analiz yazılımı ile üç farklı yöntemle ölçülmüştür [3].

Jochen Wagner, DM 74 ve DM 84 çok maksatlı tapalarında güvenlik kurma mekanizmasını, 120 mm yivli havan mühimmatlarında kullanılmak üzere geliştirmiştir. Bu mekanizma sayesinde mühimmatın namlu önü emniyet mesafesinin, 150 metre olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca bu mekanizmaya programlama yoluyla kurulma zamanı girildiğinde (T), mühimmatın namlu önü emniyet mesafesini saptamak için, girilen bu sürenin 4 saniye öncesinde, (T-4s) elektronik sistemin devreye girdiği görülmüştür [4].

Pete Burke ve Tony Pergolizzi, dönü ve atalet kuvveti etkisiyle, elektronik tapanın fonksiyon yapmasını sağlayan, topçu mühimmat tapalarında kullanılan M767A1 güvenlik kurma mekanizmasını geliştirmiştir. Bu güvenlik kurma mekanizmasını mikro elektromekanik sistemli (MEMS) olarak geliştirmiştir. Bu mekanizma yüksek ve düşük barut haklarında, mühimmat tapalarına monte edilmiş ve atışlarda uygun sonuçlar alınmıştır. 40 adet mühimmat ile yapılan atışlarda, M762 ateşleme kapsülü kullanılan güvenlik kurma mekanizmalarının hepsinin fonksiyon gösterdiği görülmüştür. Bu güvenlik kurma mekanizmalarının kurulma özelliği kumanda edilebilir olarak geliştirilmiş olup mikro ölçekli ateşleme sistemi ile hacimsel olarak %95 yer tasarrufu sağlanmıştır [5].

Karl Kautzsch, kombinasyonlu tapada kullanılan güvenlik kurma mekanizmasını bir modül olarak geliştirmiştir. Bu mekanizmanın çalışma biçimi aynı ancak minyatüre edilmiş proteknikler, mekanik parçalar ve elektronik parçalar sayesinde farklı çevre şartları için iki farklı sensör tasarlanmış, elle kurulma imkansız hale getirilmiş, namlu önü emniyeti daha kararlı ve atış yapıldıktan sonra çevre şartlarına göre fonksiyon yapması sağlanmıştır. Geliştirilen bu GKM sayesinde hacimsel olarak tasarruf sağlanmış, ilave parça sayısı ve işçilik azaltılmış, statik elektrik v.b. durumlardan etkilenmeyen duyarsız, akıllı mühimmat geliştirilmiştir [6].

Melissa Rhode ve John Geaney, bilgisayarlı deney tasarımı ve sonlu elemanlar istatistiksel analiz metotlarıyla 40 mm M549 A1 ve M550 tapalarındaki güvenlik kurma mekanizmalarında değişikliklerle kurma zamanını ölçmüş ve kurulma süresini etkileyen temel etkenleri belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda bilgisayarlı deney tasarımı ve sonlu elemanlar istatistiksel analiz sonuçları M549 A1 ve M550 GKM kurulma süreleri için benzer sonuçlar vermiş ve kurulma süresi değişimindeki tüm faktörlerin pandül-hareket nakil çarkı etkileşiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir [7].

Mayuri B.Ardak ve M.R Phate, dişli sisteminde pandülün süreye olan etkisini incelemiştir. Birinci çalışmada dişli sisteminde pandül kullanmamış ve sistemde 330⁰ döndürölmek istenen dişli 19,93 saniyede istenilen konuma gelmiş ve bu sürede hareket nakil çarkı ise 11.000 tur atmıştır. İkinci çalışmada ise dişli sisteminde pandül kullanmış olup sistemde 330⁰ döndürölmek istenilen dişli 3600 saniyede istenilen konuma gelmiştir. Bu sürede pandül ile birlikte hareket eden hareket nakil çarkı 62 tur atmıştır. Çalışma sonucunda pandülün süreyi arttırdığı ve hareket nakil çarkını yavaşlattığı sonucuna varılmıştır [8].

Bu tez çalışmasında literatürde yapılan bu çalışmalar dikkate alınarak dönölü ve dönösüz mühimmat tapalarında kullanılan güvenlik kurma mekanizmalarının kurulma süresini ve devrini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla pandül ve rotor ağırlıkları değiştirilmiş, birlikte çalışan pandül-çark ikilisi temas noktalarının etkisini inceleyebilmek için pandülün çarka temas ettiği kontak noktalarına radius verilmiş ve bu değişikliklerin kurulma süresine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Diğer bir çalışmada dönölü mühimmat tapalarında, kurulma devrini etkileyen parametreleri incelemek için mekanizmalarda kullanılan yaylar üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Deneysel çalışmalarda Elektronik Hassas Terazı, Profil Tezgahı, Profil Projeksiyon Cihazı, Koordinat Matkap Tezgahı, Hızlı Kamera, AZDM 111 A2 Tapası Zaman Test Cihazı, Devir Tezgahı, Freze Tezgahı, CNC Yay Baskı Tezgahı, Yay Tansiyon Cihazı kullanılmıştır.

2. MÜHİMMAT TAPALARI

2.1. Mühimmat

Mühimmat, düşmanı veya yapıtlarını hedef alan, onları imha eden yahut fonksiyonunu kaybettiren, silahla olduğu gibi silahsız da kullanılabilen, her türlü patlayıcı, yakıcı, öldürücü v.b. terkip ve komplelerdir. Top, obüs, havan, roket mühimmatları, uçak bombaları, su bombaları, torpido, deniz ve kara mayınları, el bombaları, tüfek bombaları, tahrip maddeleri, hafif silah mühimmat örnekleridir [9].



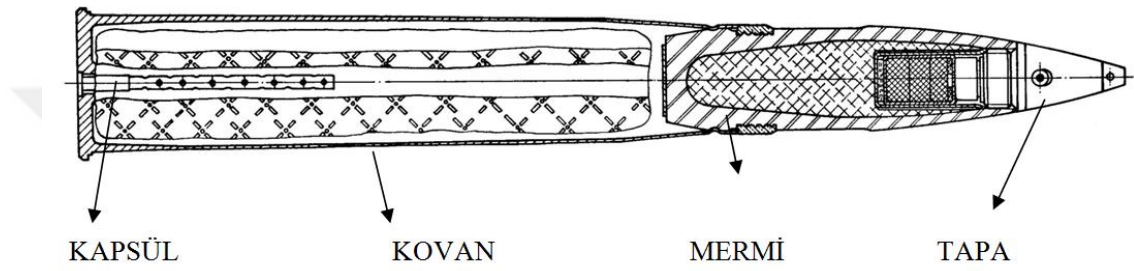
Şekil 2.1. a.) El bombası, b.) Tahrip kalıbı, c.) 105 mm mermi [10].

2.2. Tapa

Tapa, bir mühimmat kalemını arzu edilen zaman ve şartlar altında harekete geçirmek için dizayn edilen patlayıcı parçalar ihtiva eden bir cihazdır [11].

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. Örnek olarak tank veya obüs silahlarında kullanılan 105 mm mermi kompleksi üzerinde yer alan tapanın konumu Şekil 2.2.'de, top mühimmatlarında kullanılan ve yiv-setli namlulardan atılan M557 Tapası Şekil 2.3.a.' da, dönüsüz yani kuyruklu mühimmatlarda kullanılan ve havan namlularından atılan AZDM 111 A2 Tapası Şekil 2.3.b. 'de gösterilmiştir. Bu tapaların çalışma prensipleri ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır.



Şekil 2.2. Mermi kompleksini oluşturan aksamlar [11]



Şekil 2.3. a. M557 Tapası [12] b. AZDM 111 A2 Tapası [13]

Tapa; bir silahın, roketin alt sistemi olup harp başlığını hedefe en uygun biçimde aktive eder. Ayrıca harp başlığı roketin lojistik ve operasyonel şartlarda güvenli bir biçimde kalmasını sağlar. Diğer bir deyişle mühimmatı güvenli halde taşıma, depolama ve infilak ettirmeye imkân tanır.

Tapa esasında iki durumlu bir mekanizmadır. Silah sistemi kapsamında, tapa ve harp başlığı birliktedir ve hedefe ateşlenene kadar fonksiyon yapmadan emniyetli bir durumdadır. Tapanın mühimmat ateşlendikten sonra ise istenilen hedefte, mili saniyelerle ifade edilecek bir zamanda, fonksiyon görmesi beklenir. Tapa-harp başlığı sistemine, mühimmatın ateşlendikten sonra güdümlü sistemlerde olduğu gibi silah sistemi-hedef arasındaki uçuşu esnasında, müdahale şansı yoktur. Mühimmat aksel olarak tek yönlüdür ve geri döndürülemez. Bir tapanın tasarımının kalitesi iki değerle belirlenir; fonksiyonel olarak güvenilirlik ve emniyet güvenilirliği. Karmaşık füze sistemlerinde 95-99%, bomba ve mermi tapalarında 99,99% oranında fonksiyonel ve emniyet güvenilirliği vardır. Yapılan testlerde NATO standartlarına göre; kullanımdan önce 106 tapada 1'den fazla emniyetsizlik görülmeyecek, tapa emniyetli olacaktır.) [14].

Bu tanım doğrultusunda, bir tapanın gerçekleştirmesi gereken beş temel işlev;
Mühimmatı emniyetli halde tutmak,
Mühimmatın detone olmasını sağlamak,
Hedefi bulma ve tarama,
Mühimmatın paralanma işlevini başlatmak,
Patlamanın yönünü tespit etmek. (sadece bazı özel tapalarda)
şeklinde tanımlanmaktadır [14].

Diğer taraftan, bir tapada fonksiyon olarak dört özelliğin bulunması gereklidir. Bu özellikler; tapanın güvenliği, patlayıcı zincirinin kurulması, istenilen nokta ve istenilen zamanda fonksiyon göstermesi şeklinde tanımlanabilir.

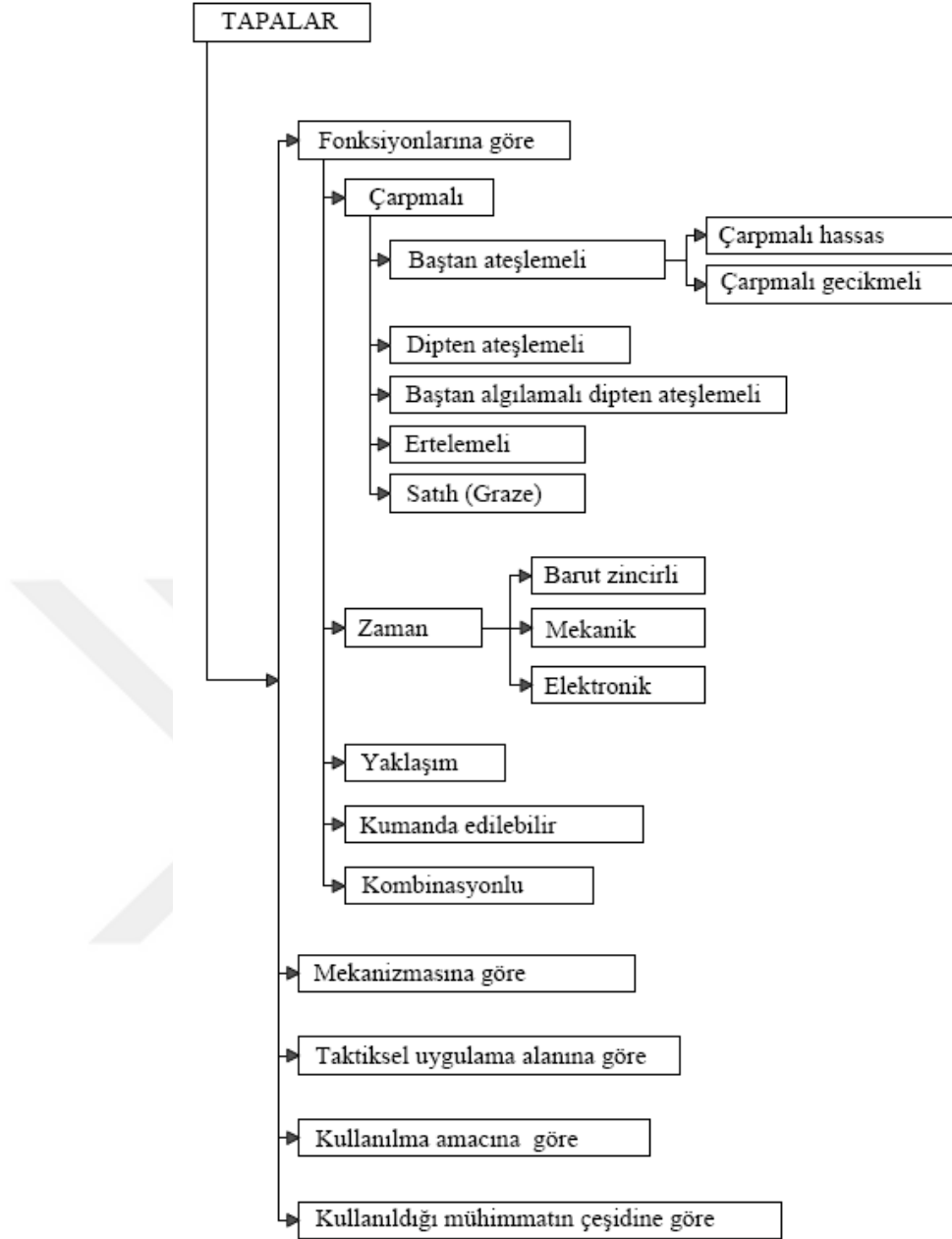
Tapalar patlayıcı içerdikleri için depolama, nakliye ve mühimmatın atışının yapılacağı ana kadar ki durumlarda güvenli olmalıdır. Herhangi bir yanlış kullanım olması durumunda, personelin ve bulunduğu ortamın zarar görmemesi

gerekir ve tapanın tasarımı yapılırken bunlar dikkate alınmalıdır. Tapalar için kabul edilebilir tehlike seviyesi 1×10^{-6} olarak belirlenmiştir [15].

Mühimmatların atışı esnasındaki ortam koşullarının (şok, dönü, ısı, basınç etkisi gibi) algılanıp, patlayıcı zincirinin aynı eksen üzerine gelmesinin sağlanması, elektronik anahtarların kapatılması ve bundan sonra mühimmatın ateşlenmeye hazır hale getirilmesi için gerekli şartların sağlanması gerekmektedir. Tapanın kurulması, atış esnasındaki ve sonrasında oluşacak kuvvetler vasıtasıyla ve birbirini takip eden adımlar şeklinde olmalıdır [16].

2.3. Tapaların Sınıflandırılması

Tapaları fonksiyonlarına göre, mühimmatın tipine, harekât anındaki hedef tarzına ya da içerdiği mekanizmaların bileşimine göre farklı kategoriler altında sınıflandırmak mümkündür. Bu kategoriler dikkate alınarak yapılan sınıflandırma Şekil 2.4. 'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Tapaların sınıflandırılması

2.3.1. Fonksiyonlarına Göre Tapalar

Tapalar, gösterdikleri fonksiyonun çeşidine göre sınıflandırmak mümkündür. Operasyon ilkesine bağlı olarak tapalar, çarpmalı, zaman, yaklaşım, kumanda edilebilir ve kombinasyonlu olmak üzere beş ana bölüme ayrılmaktadır.

2.3.1.1. Çarpmalı Tapalar

Bu tip tapalarda genel amaç mühimmatın namludan çıktıktan sonra hedef yolunda ilerlerken ve belirli bir sürede değil, hedefe temas ettiği anda veya temas ettikten çok kısa bir süre sonra infilak etmesinin sağlanmasıdır. Çarpmalı tapalarda çarpma fonksiyonu iki farklı şekilde algılanabilir. Bunlar mekanik ve elektronik çarpma algılamadır. Mekanik çarpma algılama da genellikle tapanın uç kısmına yerleştirilmiş bir ateşleme iğnesi ve bu iğnenin ucuna yerleştirilmiş bir primer (birincil) patlayıcı ile sağlanmaktadır. Elektronik çarpma algılama da ise tapanın hedefe çarptığını, elektronik sensör ile algılayan ve elektrikli kapsüle aktaran mekanizmadır. Bu sensör, elektrikli kapsüle gerekli akımın verilmesini sağlayan elektronik modülden oluşur. Piezoelektrik sistemle tapanın fonksiyon yapması sağlanır.

Çarpmalı tapaları kendi içerisinde de beş farklı şekilde incelemek mümkündür. Bu tapalar ve görevleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

a) Baştan Ateşlemeli Çarpmalı Tapalar (Point Detonating Fuzes): Mühimmatın ön kısmına monte edilen bu tapalar, hedefe çarpmaları neticesinde iğnenin ateşleme kapsülüne vurması ile fonksiyon görürler. Çarpmalı tapalar, detonasyon başladıktan sonra geçen süreye göre iki türe ayrılır. Bunlar çarpmalı hassas ve çarpmalı gecikmeli tapalardır.

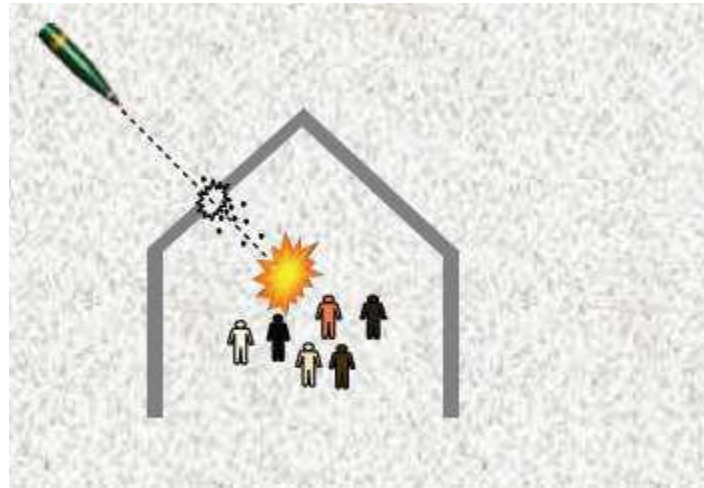
Çarpmalı Hassas Tapalar (Point Detonating Super Quick Fuzes): Çarpma işlemi gerçekleşir gerçekleşmez , patlayıcı zinciri hiçbir gecikme olmaksızın paralanma işleminin çok hızlı bir şekilde gerçekleştiği tapalardır. Patlama hızı genellikle tapanın içindeki patlayıcının kimyasal bileşimine bağlı olarak değişir. Bu tapalar görünür ve direkt zarar verilmesi amaçlanan hedeflere karşı kullanılır.

Çarpmalı Gecikmeli Tapalar (Point Detonating Delay Fuzes): Çarpmanın ardından, patlayıcı zincirinin fonksiyonunu yerine getirdikten sonra, paralanma işleminin belli bir süre gecikmeyle olmasını sağlayan tapalardır. Bu gecikme topçu ve havan mühimmatı tapalarında genellikle 5-6 milisaniye kadardır. Gecikme mekanizması bazı tapalarda elektronik olarak yapılsa da genellikle kimyasal olarak

gecikmeli kapsül eczalarıyla yapılır. Bu tip tapalar lojistik önemi olan bir yola zarar vermek, bir binanın önüne atılmak suretiyle binayı yıkmak veya binanın içinde bulunan personel veya donanıma zarar vermek için kullanılır. Bu tapaların kullanımına ilişkin şekilsel örnekler Şekil 2.5. ve 2.6.' da görülmektedir.



Şekil 2.5. Çarpmalı gecikmeli tapa kullanım alanları [17]



Şekil 2.6. Çarpmalı gecikmeli tapa kullanım alanları [18]

b) Dipten Ateşlemeli Tapalar (Base Detonating Fuzes): Mühimmatın dip kısmına yerleştirilen bu tapalar, mühimmatın hedefe vurmasından sonra ön kısmındaki çarpma etkisini algılayıp fonksiyon gösteren tapalardır. Bu tapalar 1950 yıllarında savaş gemilerine karşı kıyı topçuları tarafından kullanılmıştır. Ayrıca bu tapalar 105 mm top mühimmatında tanklara karşı kullanılmıştır.

c) Baştan Algılamalı Dipten Ateşlemeli Tapalar (Point Initiating-Base Detonating Fuzes): Baştan algılamalı dipten ateşlemeli tapalar, HEAT (Yüksek patlayıcı anti tank mühimmatı) v.b. mühimmatlarda kullanılır. Tapanın ön kısmında bulunan mekanizma sayesinde hedef algılanır ve patlama için gerekli sinyal mühimmatın dip kısmında bulunan paralanma merkezine gönderilir. Bu tip tapalar genellikle havadan karaya atılan ve zırhlı araçlara atılan mühimmatlarda kullanılır.

d) Ertelemeli Tapalar (Delay Fuzes): Ertelemeli tapalar, mühimmat namludan çıktıktan sonra, içerisinde bulunan mekanik, elektronik düzenek veya kimyasal bileşenler sayesinde istenilen süre sonunda fonksiyon gösteren tapalardır. Erteleme süresi birkaç dakika olabileceği gibi günler sonrasında da olabilir. Mühimmatlarla kirletilmek istenilen bölgelerde kullanılır. Genellikle su altı mayınlarında ve bombalarda kullanılırlar.

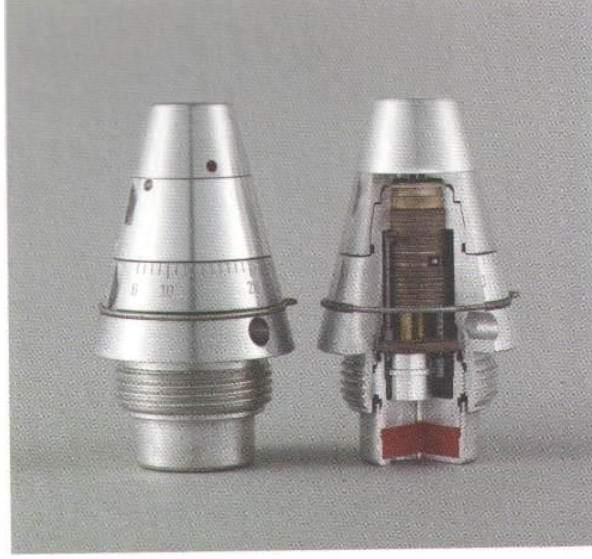
e) Satıh Tapalar (Graze Fuzes): Atışı yapılan bir mühimmat hedefe genellikle 90 dereceden daha az bir açıyla çarpar. Hatta bazen bu çarpma açısı 10-15 derece seviyelerinde olabilir. Ayrıca atılan mühimmatın düştüğü yer her zaman sert bir zemin olmayıp, bataklık veya kumluk alanlar olabilir. Böyle durumlarda, tapa üzerindeki çarpmayı algılayan mekanizmalar için uygun ivme kuvveti oluşmaz. Böyle bir durumda tapanın fonksiyon göstermemesi riski oluşur. Bu gibi durumlarda kullanılmak üzere satıh tapaları tasarlanmıştır. Eğer mühimmatın hızı veya dönüşü hissedilir bir şekilde azalmışsa, tapa içerisindeki mekanizma harekete geçer ve herhangi bir çarpma olmadan tapa fonksiyon gösterir [19].

2.3.1.2. Zaman Tapaları

Zaman tapaları, mühimmatın atıldığı andan itibaren veya kurulma işleminin başlamasından sonra teknik atış hesaplamalarında menzile göre belirlenen bir sürenin sonunda fonksiyon gösteren tapalardır. Zaman tapaları mühimmatların burun kısmına monte edilir, çoğunlukla aydınlatma mühimmatlarında ve sis mühimmatlarında kullanılır ve patlama yüksekliği birkaç yüz metredir. Zaman tapaları, zamanı ölçme mekanizmasının cinsine göre üç sınıfa ayrılırlar. Bunlar; barut zincirli, mekanik ve elektronik zaman tapaları olup aşağıda kısaca açıklanmıştır.

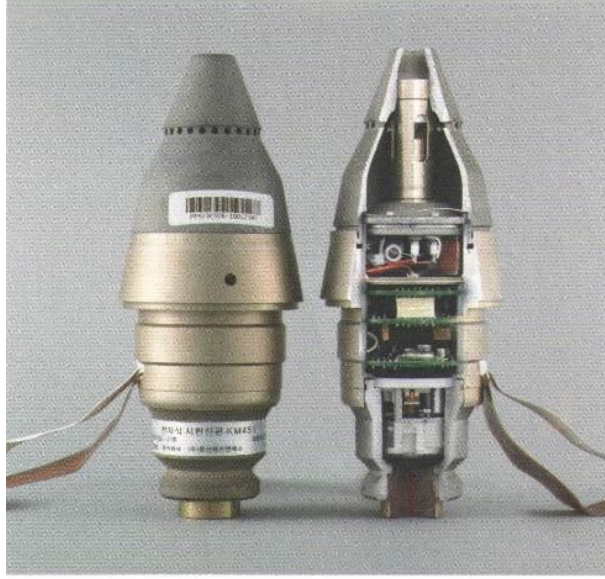
a) **Barut Zincirli Zaman Tapaları:** Tapa içerisinde, 'U' şeklinde bir metal kanal içinde yanma hızı bilinen patlayıcıdan oluşan bir yolu olan ve bu yolun üst gövdedeki dönebilen mekanizma ile veya bir ayar vidasıyla ayarlanarak uzatılması veya kısaltılması vasıtasıyla zaman bilgisinin tapaya aktarıldığı tapa çeşididir. Mühimmat ateşlendikten sonra oluşan şokla ateşleme iğnesi kapsülü patlatır bu da kanaldaki patlayıcıyı ateşler. Bu patlayıcı ayarlanan süre kadar yanmaya devam eder ve sonunda busteri ateşler. Bu tapaların dezavantajı çok hassas zaman ayarının yapılamaması ve bazen istenilen zamanın dışında infilak etmesidir. Bu tapalar Birinci Dünya Savaşı sırasında kullanılmış olup günümüzde yerini mekanik ve elektronik zaman tapalarına bırakmıştır.

b) **Mekanik Zaman Tapaları:** Dişli, çark ve pandül grubundan oluşan mekanizma sayesinde zamanın mekanik kurmalı saatler gibi ayarlandığı tapadır. Bu mekanizma sayesinde ateşleme iğnesi yay vasıtasıyla sıkıştırılır. Tapa ayar anahtar aracılığı ile elle çevrilerek veya üzerinde bulunan zaman ayar halkası vasıtasıyla istenilen zamanın girilebildiği tapadır. Şekil 2.7.' de örnek bir mekanik zaman tapası gösterilmiştir. Girilen zaman tamamlandıktan sonra dişli mekanizması, yay ile sıkıştırılmış haldeki iğneyi serbest bırakarak tapanın fonksiyon yapmasını sağlar.



Şekil 2.7. Mekanik zaman tapası örneği [20]

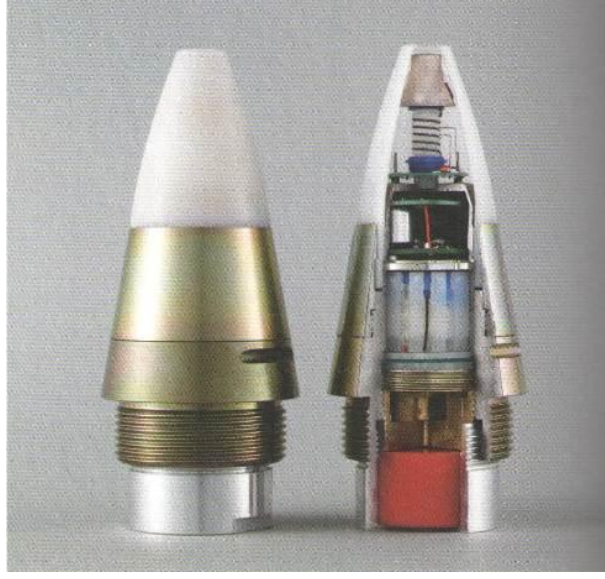
c) **Elektronik Zaman Tapaları:** Elektronik tapaların ateşlenmesinde ilk basamak genellikle mekaniksel olarak meydana gelir. Bu güç kaynağının itme kuvvetini kullanarak hedeften alınan elektrik sinyallerini veya elektronik devreye emir vererek birleştirme ile sağlar. İkinci basamak ise güç kaynağı ile patlayıcı zincirinin ilk elemanının ateşlenmesi arasında kalan zaman ayarlayıcı devrenin harekete geçirilmesinden ibarettir. Bu hareket patlama zincirinin ilk elemanının istenilen zaman ve yerde ateşlenmesini sağlar. Elektronik zaman tapaları kendileri elektrik üretebildiği gibi pil v.b.güç kaynakları ile elektrik tedarik edebilirler. Tapa içerisine yerleştirilmiş olan elektronik birime, zaman bilgisinin girilmesi tapa üzerindeki “zaman ayar halkası” veya radyo frekansıyla tanıma teknolojisi (Radio Frequency Identification) kullanılarak elektromanyetik olarak yapılır. Şekil 2.8.’ de örnek bir elektronik zaman tapası gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Elektronik zaman tapası örneği [20]

2.3.1.3. Yaklaşım Tapaları

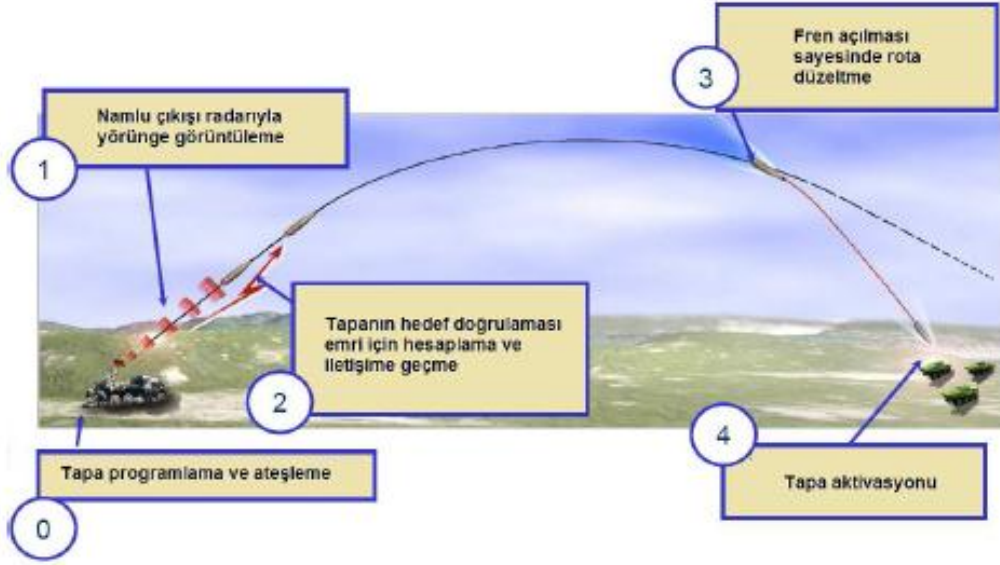
II. Dünya Savaşı sırasında tasarlanıp kullanılan yaklaşım (proximity) tapaları, mühimmatın hedefe çarpmadan önce, yaklaşım sensoründen aldığı mesafe bilgisi ile belirli bir mesafe yakınlaştığı zaman tapanın ve hedefin teması olmaksızın fonksiyon gösteren tapalardır. (Şekil 2.9.). Hedef yakınında patlayan mühimmatın temasla patlayan mühimmata göre 10 kat daha fazla tahribat yaptığı tespit edilmiştir. Operasyonel olarak genellikle personel, uçak ve gemi güvertelerine zarar vermek amaçlı tasarlanmışlardır. İçerisinde bulunan yaklaşım sensörü için çeşitli seçenekler (yansıyan radyo frekansı, indüklenmiş manyetik alan, basınç ölçümü, akustik etki, doppler prensibi veya kızılötesi sinyalle) söz konusu olsa da en yaygın kullanılan doppler prensibiyle çalışan yaklaşım sensörüdür. Paralanma mesafesi tapaya, radyo frekansı ile tanıma teknolojisi kullanılarak elektromanyetik olarak yüklenir. Bu yöntemle yapılabilmesi için tapanın ayar cihazına ihtiyaç vardır. Bu tapalar aktif, yarı aktif ve pasif mod olmak üzere üç çalışma modunda sınıflandırılır.



Şekil 2.9. Yaklaşımlı tapa örneği [20]

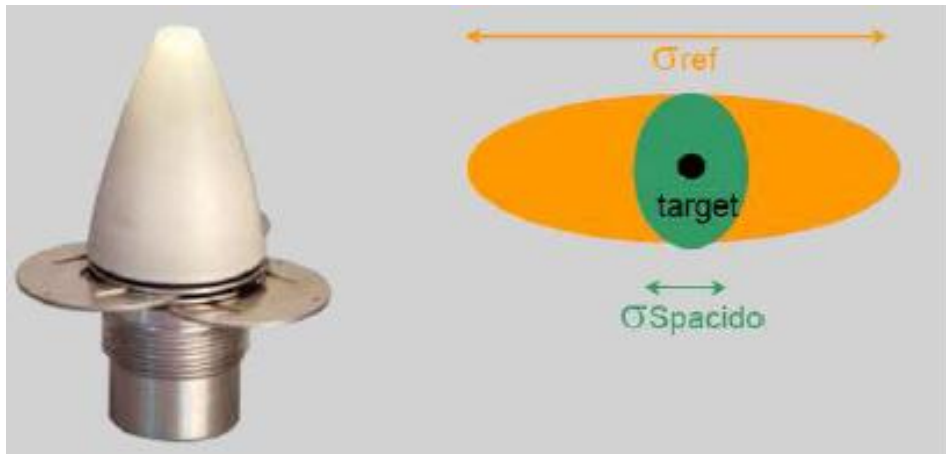
2.3.1.4. Kumanda Edilebilir (Yörüngesi Değiştirilebilen) Tapalar

Kumanda edilebilir tapalar, mühimmat atışı yapıldıktan sonra, mühimmat henüz yere düşmemişken tapanın kontrol edilerek istenildiği şekilde fonksiyon göstermesi sağlanan tapalardır. (Şekil 2.10.). Tapalarla uzak bir noktadan, elektriksel, mekaniksel veya optiksel olarak iletişime geçirilmesi şeklinde çalışılsa da en çok kullanılan yöntem küresel pozisyonlama sistemi (GPS) ile tapaya hedef koordinatlarının verilmesi şekliyle olur. [19]



Şekil 2.10. Kumanda edilebilir tapanın çalışma aşamaları [21]

Şekil 2.11. 'de kumanda edilebilir bir tapa örneği görülmektedir. Turuncu ile gösterilen saçılım normal bir tapa ile atışı yapılan mühimmatın saçılım aralığı, yeşil ile gösterilen saçılım ise kumanda edilebilir tapayla atışı yapılmış mühimmatın saçılım aralığıdır [19].

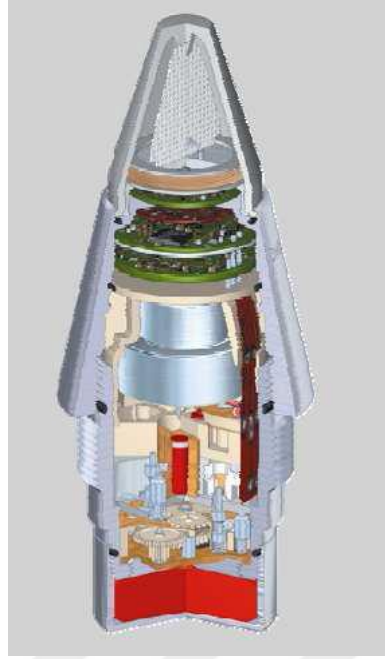


Şekil 2.11. Kumanda edilebilir tapa ve saçılım grafiği [21]

Kumanda edilebilir tapalar, güdümlü mühimmatlardan farklı bir yapıya sahiptir. Güdümlü mühimmatlarda, mühimmat üzerinde açılan kanatçıklar vasıtasıyla mühimmatın yönü bütün eksenlerde değiştirilebilirken kumanda edilebilir tapalarda fren görevi gören paletler açılarak mühimmatın tek eksen üzerinde düşeceği yere müdahale edilebilir. Bu sebeple Şekil 2.10. 'da görüldüğü gibi kumanda edilebilir tapalarla atış yapılırken her zaman hedeften daha uzak bir noktaya nişan alınır ve atış yapılır. Bu tapalar 1D Correction (Tek eksenli yörüngesi değiştirilebilen tapalar) ve 2D Correction (Çift eksenli yörüngesi değiştirilebilen tapalar) olmak üzere iki çeşittir [19].

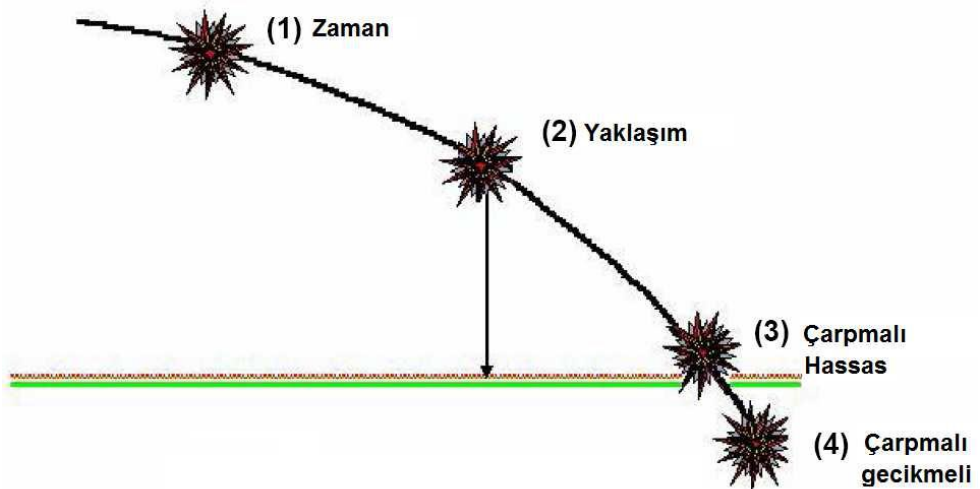
2.3.1.5. Kombinasyonlu Tapalar

Şu ana kadar anlatılan tapaların özelliklerinden birden fazlasını içinde barındıran tapa çeşidine kombinasyonlu tapalar denir. Şekil 2.12. 'de örnek kombinasyonlu tapa görülmektedir. Kombinasyonlu tapaların kullanılmasının nedeni tek etkiye duyarlı ateşleme sistemlerinin dezavantajını ortadan kaldırmaktır. Bunun için manyetik, basınç, akustik ve sismik sistemler birlikte kullanılarak bu tapalar tasarlanmıştır. Bu tapaların çoklu seçenekleri vardır. Yapılacak atışın öncelikli moduna birincil mod, eğer birincil mod fonksiyon göstermezse harekete geçecek moda ikincil mod denir. Böylece tek bir mühimmat atışı farklı taktik uygulamalarına hizmet eder. Kombinasyonlu tapalar sayesinde mayın tarama faaliyetlerinin etkinliği önemli ölçüde azaltılmıştır. Yeni nesil tapaların büyük bir çoğunluğu kombinasyon tapası olup, en modern çok maksatlı tapalardır. Çok maksatlı tapalar içerisinde elektronik çarpma, çarpmalı gecikme, elektronik zaman ve yaklaşım fonksiyonlarını içerirler. Bu tapalar, atış öncesinde tapa ayar cihazı ile elektronik çarpma, zaman veya yaklaşım özelliklerinden birisi seçilip istenilen değer girilerek kurulur. Eğer herhangi bir kurma işlemi yapmadan atış yapılırsa otomatik olarak çarpmalı gecikmeli fonksiyonuna göre fonksiyon gerçekleştirir [19].



Şekil 2.12. Kombinasyonlu tapa örneği [4]

Çok maksatlı tapa konseptinden beklenen özellikler Şekil 2.13.'de gösterildiği gibidir. Mühimmat atışı yapacak kişi, o andaki iklimsel ve çevresel şartlara göre uygun olan fonksiyonu tercih eder ve atışı yapar [19].



Şekil 2.13. Çok maksatlı tapa fonksiyonları [22]

2.3.2. Mekanizma Türüne Göre Tapalar

Tapalar içerisinde bulunan güvenlik, kurma ve ateşleme gibi çeşitli mekanizmalar, mekanik bağlantılar veya elektrik/elektronik bağlantılar kullanılarak tasarlanabilir. Tapalar, içinde bulunan bu alt mekanizmaların cinsine göre dört şekilde incelenebilir. Bunlar; mekanik, elektronik, optik ve kimyasal tapalar olarak sınıflandırılmaktadırlar [19].

2.3.3. Taktiksel Uygulama Alanına Göre Tapalar

Tapalar, atılacak silah sistemine ve hedefe gönderim şekline göre de sınıflandırılmaktadırlar. Taktiksel uygulama alanına göre ise tapalar dört gruba ayrılır. Bunlar;

- Havadan- havaya atılan
- Havadan- karaya atılan
- Karadan- havaya atılan
- Karadan- karaya atılan

şeklinde ifade edilmektedirler [11].

2.3.4. Kullanılma Amacına Göre Tapalar

Tapanın kullanım amacına ya da hedefin çeşidine göre tapalar altı kısımda incelenirler. Bunlar ise;

- Antipersonel Mühimmat (APERS)
- Zırh Delici Mühimmatı (Armor-Piercing) (AP)
- Tahrip Edici veya Yüksek Patlayıcılı Mühimmat (Blast or High Explosive) (HE)
- Beton Delici Mühimmatı (Concrete-Piercing) (CP)
- Yüksek Patlayıcılı Tanksavar Mühimmatı (High Explosive Anti-Tank) (HEAT)
- Aydınlatma Mühimmatı (Illumination)

tapaları şeklinde sınıflandırılırlar [19].

2.3.5. Kullanıldığı Mühimmatının Çeşidine Göre Tapalar

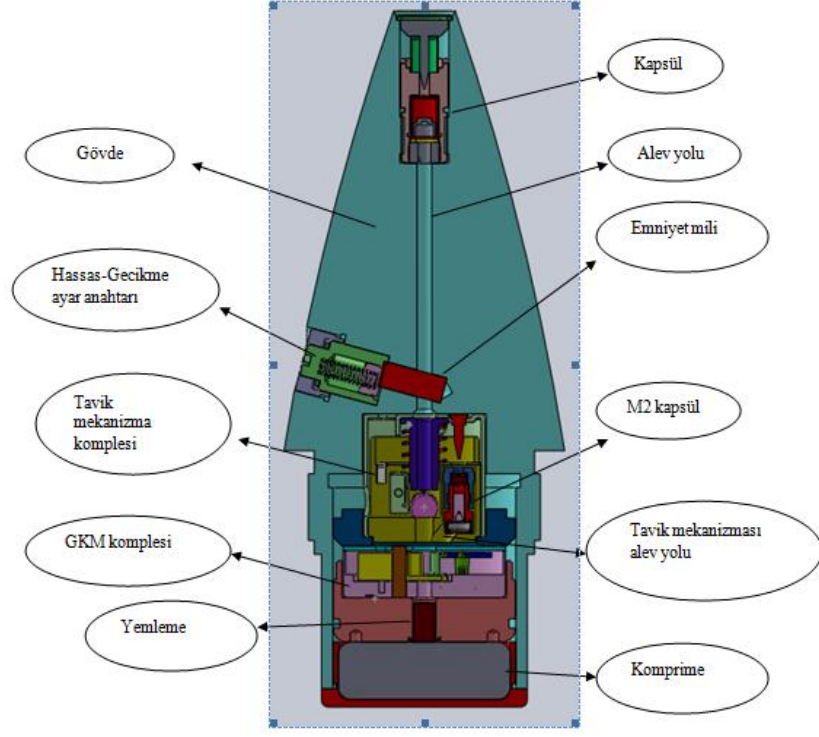
Tapanın kullanıldığı mühimmatın çeşidine göre tapalar sekiz kısımda sınıflandırılır. Bunlar;

- El bombası tapaları
- Mayın tapaları
- Bomba tapaları
- Gdümlü füze tapaları
- Havan mühimmatı tapaları
- Topçu tapaları
- Roket tapaları
- Bomba tapaları

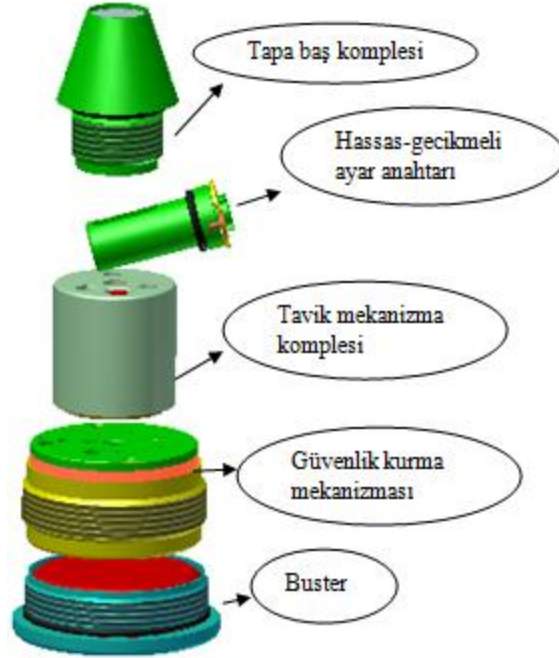
şeklindedir [11].

2.4. Tapa Bileşenleri

Tapayı oluşturan ana parçalar iğne ve birincil patlayıcı içeren, tapanın uç kısmını oluşturan tapa baş kompleksi, gövde, anahtar, gecikmeli kapsülü içinde barındıran gecikmeli mekanizma kompleksi, GKM ve mermiyi infilak ettirecek ana patlayıcının olduğu buster'den oluşmaktadır. (Şekil 2.14. ve 2.15.)



Şekil 2.14. Tapa kesit görünümü ve bileşenleri-1



Şekil 2.15. Tapa bileşenleri-2

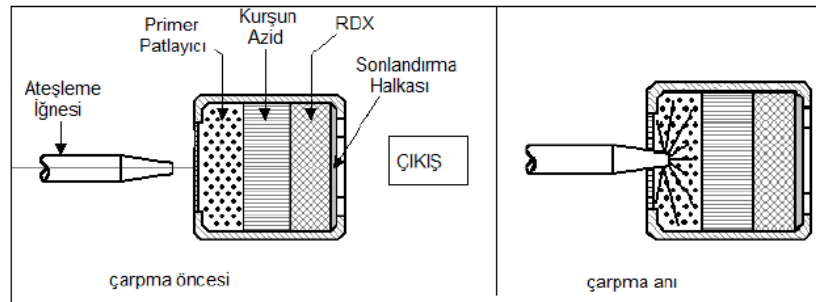
2.4.1. Gövde

Tapa gövdesi, mekanik, elektronik ve kimyasal bileşenleri içerisinde barındıran, tapanın dış gövdesine verilen isimdir. Topçu ve havan tapalarının boyutları, ilgili askeri standartla belirlenir (Stanag 2916) [23].

Tapa gövdesi, mühimmatın namluyu terk etmesinden sonra ulaşacağı yüksek hız, dönü, sıcaklık ve havanın sürtünme kuvvetine karşı dayanıklı olmalıdır. Çünkü hedefe giderken gövdenin geometrisinde en ufak bir değişiklik mühimmatın hedeften sapmasına neden olur.

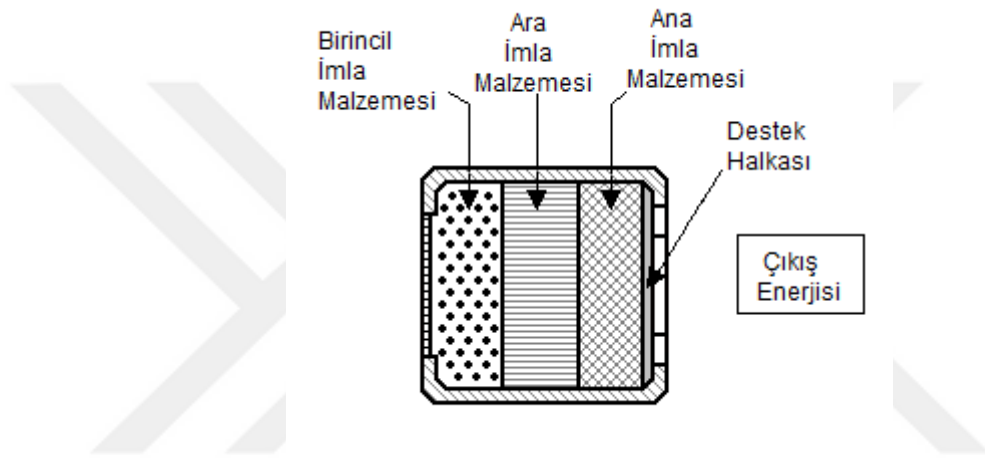
2.4.2. Baş Komitesi

Tapa Baş Komitesi, üzerinde iğne, belirli bir kuvvet altında iğnenin kapsüle temasını sağlayan yay veya şekil değiştirebilen herhangi bir aksam ve başlatıcı kapsülden oluşur. Patlayıcı zinciri, zayıf paralanma etkisinden güçlü paralanma etkisine sahip olan patlayıcı elemanları içerir. Bu patlayıcı elemanları başlatıcı (initiator) ya da detonatör (ateşleyici) olarak isimlendirilir. Ateşleyiciler, ısıya, darbeye ve sürtünmeye karşı oldukça hassas olan kimyasal maddelerdir. Bu nedenle küçük miktarlarda kullanılmalıdır. Şekil 2.16. 'da darbeyle patlama gösterilmiştir. Görevi, patlama reaksiyonu için hassasiyeti daha düşük olan ikincil patlayıcıya aktarmak için büyük miktarda ısı veya şok dalgası açığa çıkarmaktır.



Şekil 2.16. Delme ile patlayıcı aktivasyonu [19]

Tipik olarak başlatıcı ya da ateşleyici elemanlar üç farklı kimyasal malzemeden oluşur. Bunlar; birincil imla malzemesi, ara imla malzemesi ve ana imla malzemesidir. Birincil imla malzemesi genellikle Civa Fulminat, Tetrazen, Kurşun Azid, Gümüş Azid veya Kurşun Styphnate' den oluşur. Ara imla malzemesi genellikle Kurşun Aziddir ve ana imla malzemesi ise genellikle Kurşun Azid, PETN, HMX, Tetril veya RDX gibi patlayıcılardan seçilir. Şekil 2.17. 'de örnek detonatör gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Detonatör [19]

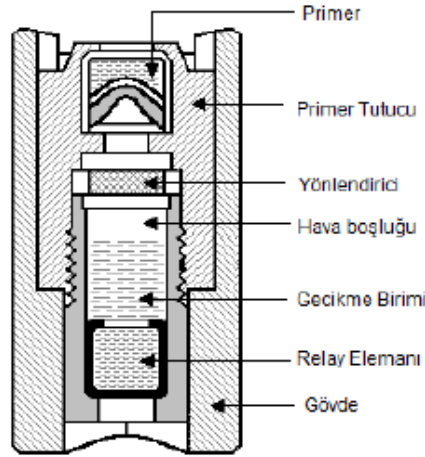
2.4.3. Hassas Gecikme Ayar Anahtarı

Bu aksam birincil patlayıcıdan ikincil patlayıcıya alev, ısı veya şok dalgası aktarmak için kapı görevi yapar. Dönü yardımı ile hassas pozisyonda emniyet mili ile yayın aynı ekseninde olduğu için geri çekildiği ve alev yolunu açtığı, tavikli (gecikmeli) pozisyonda ise emniyet milinin, anahtarın merkezden kaçık yapısından dolayı geri çekilemediği ve alev yolunu kapalı tuttuğu aksamdır.

2.4.4. Tavik (Gecikme elemanı) Komplexi

Tavik kompleksi, tapa üzerindeki hassas gecikme ayar anahtarı vasıtasıyla devreye girerek, tapanın infilak etmesini geciktiren kompledir. Anahtar tavikli pozisyona getirildiği zaman alev yolu kapanır ve tavik kompleksi artık devreye girer. Komple içindeki ateşleme iğnesi Şekil 2.14. 'teki M2 kapsüle vurur. M2 kapsülün kimyasal yapısından dolayı yaklaşık 0,05-0,06 sn gecikmeli olarak alev ana patlayıcıya aktarılır. Bu komple, bina içindeki, ağaçlık alanlarda, mağaralar, yer altı sığınakları v.b. yerlerdeki düşmanları ve teçhizatını yok etmek için kullanılır.

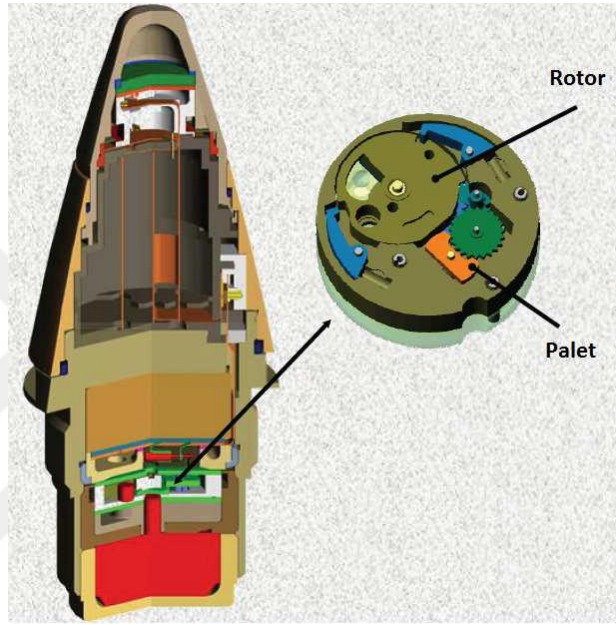
Gecikmeli Kapsül: Tapaların, bazı düşman hedeflerin yapısına göre, hedefe temas ettikten sonra belirli bir gecikme ile paralanması istenir. Bu gecikme sayesinde mühimmat hedefe çarptığı an değil, çarptıktan sonra 0,05 sn gecikmeli olarak infilak ederek daha fazla tahribata sebep olur. Bu tip tapalarda gecikme, elektronik olarak veya paralanma hızı düşük kimyasal patlayıcı ile yapılır. Şekil 2.18. 'de örnek kimyasal geciktirme elemanı gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Kimyasal geciktirme elemanı [19]

2.4.5. Güvenlik ve Kurma Mekanizması (Mekanik)

Mühimmatın namludan çıktıktan sonra dönü ve g kuvvetlerinin etkisiyle belli bir mesafeye gelene kadarki geçen sürede patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getiren mekanizmaya güvenlik ve kurma mekanizması denir. Şekil 2.19. 'da tapa üzerindeki güvenlik kurma mekanizması gösterilmiştir.

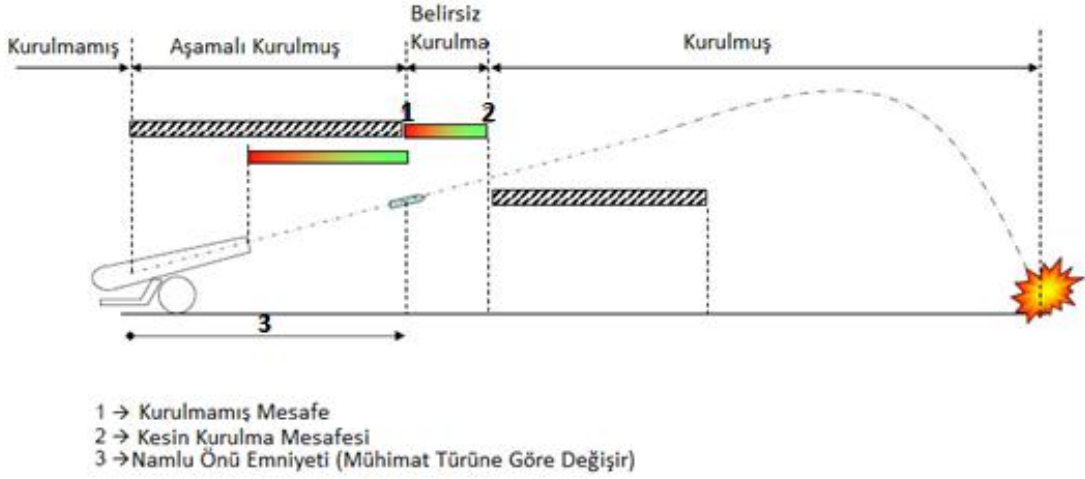


Şekil 2.19. Güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa üzerindeki yeri [24]

Güvenlik ve kurma mekanizması tapa içerisindeki detonatör ve busterin infilak etmesine engel olarak, atılan mühimmatın fonksiyon yapmasını engelleyen bir düzendir. Bu düzenek sayesinde mühimmat üretilirken montaj dahil depolama, nakliye, atış öncesi ve sonrası emniyet sağlanmış olur. İstenilen yer ve zamanda ise, patlatma zincirinin önündeki engelleri kaldırarak tapanın fonksiyon yapmasını sağlar. Güvenlik kurma mekanizması farklı sayılarda elektronik ve kimyasal patlayıcılardan oluşur.

Güvenlik ve kurma mekanizmalarının en önemli görevi, patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getirme işini belli bir süre içerisinde yapmasıdır. Bu süre, mühimmatın

namludan çıktıktan sonra, tapanın istenilmeyen yer ve zamanda fonksiyon göstermesi durumunda, mühimmat atışını yapan personele zarar vermesini önlemek içindir. Şekil 2.20. 'de namlu önü emniyet mesafesi gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Mühimmatın konumuna göre güvenlik mekanizmasının pozisyonu [19]

Güvenlik kurma mekanizmaları, mühimmatın dönülü mü dönüsüz mü olduğu bilinerek tasarlanmalıdır. Çünkü kuyruk dengeli mühimmatlar, atış esnasında bir dönü ile namludan çıkmadığı için, bu tip mühimmatların tapalarında sadece atış yönünün zıt istikametinde bir atalet kuvveti oluşur. Dolayısıyla bu mühimmatların tapalarının sadece oluşacak atalet kuvvetini algılaması gerekmektedir. Dönü dengeli mühimmatlarda ise, namlu içerisinde bulunan yiv-set özelliğinden dolayı dönü ve atış yönünün zıt istikametinde atalet kuvveti oluşur. Dolayısıyla bu mühimmatların tapalarının hem dönü hem de atalet kuvvetini algılaması gerekmektedir.

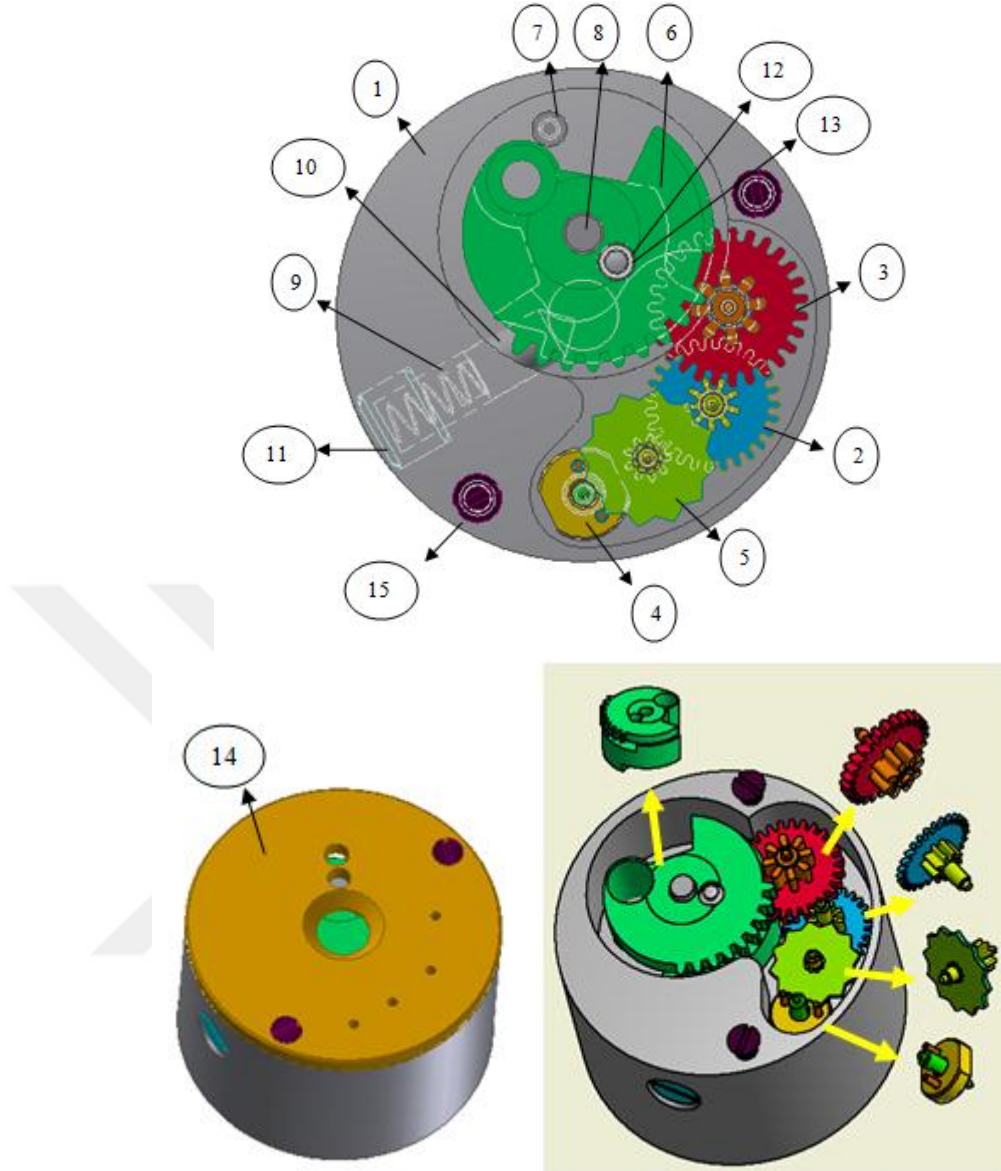
Güvenlik kurma mekanizması çok önemlidir. Çünkü tapaların kaza ile yere düştüğünde patlamalarını önler, namludaki yüksek devirle ancak emniyet merkezkaç pimleri açılır. Ayrıca g emniyeti sayesinde tapanın belirli bir atalet kuvveti olmadan kurulması önlenir. Merminin namludan çıkması ile ağaç dalı, şiddetli yağmur damlları gibi engellere çarpmasıyla patlamamasını sağlar. Bu da özel dişli çark sistemli buster kompleleri ile olur. Asıl hedefe gidinceye kadar bu sistem görev yapar ve hedefte bu emniyet kalkarak mermi fonksiyon gösterir.

2.4.5.1. Güvenlik Kurma Mekanizması Bileşenleri

Güvenlik kurma mekanizmasının, patlayıcı zincirini istenilen sürede tamamlayabilmesi için birtakım bileşenlere ihtiyacı vardır. Bu bileşenleri dişliler, rotor, pandül, pimler, yaylar v.b. oluşturmaktadır. İlerleyen bölümlerde yararlanılacak yeni tasarım güvenlik kurma mekanizması GKM-X olarak isimlendirilmiştir. GKM-X'i oluşturan bileşenler ve sayıları Çizelge 2.1. ' de ve güvenlik kurma mekanizması kompleksi ve içerisinde yer alan bileşenlerin konumları Şekil 2.21. 'de gösterilmiştir.

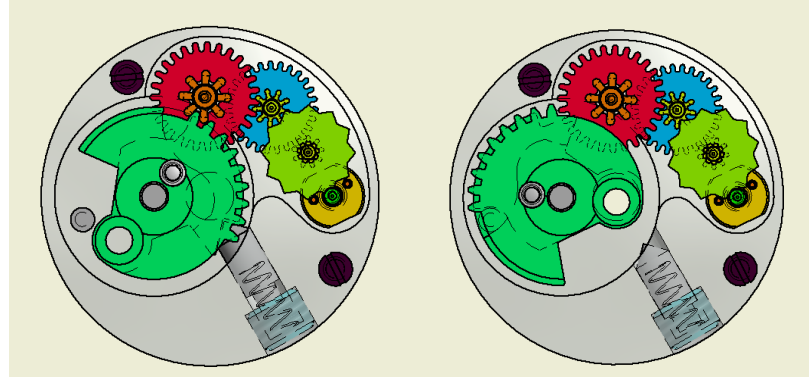
Çizelge 2.1. GKM-X' i oluşturan bileşenler

Parça no	Adet	Parça adı
1	1	Dişli yerleşim modülü
2	1	1 nolu dişli kompleksi
3	1	2 nolu dişli kompleksi
4	1	Balans kompleksi
5	1	Hareket nakil çarkı kompleksi
6	1	Rotor
7	1	Rotor durdurma pimi
8	1	Rotor mili
9	1	Dönü pimi yayı
10	1	Dönü pimi
11	1	Dönü pimi kapağı
12	1	Kilitleme pimi yayı
13	1	Rotor kilitleme pimi
14	1	Üst kapak
15	2	Kapak vidası



Şekil 2.21. GKM-X bileşenlerinin numaralandırılması

Şekil 2.22.a. ve b.' de kurulmamış ve kurulmuş GKM-X kompleksi gösterilmiştir. Kurulmamış GKM-X kompleksi dönü atalet kuvvetine maruz bırakılmadığı için dönü pimi yay kuvvetini yenemez ve geri çekilemez. Ancak Kurulmuş GKM-X Kompleksi dönü atalet kuvvetine maruz bırakıldığı için dönü pimi yay kuvvetini yener ve geri çekilerek rotoru serbest bırakır.



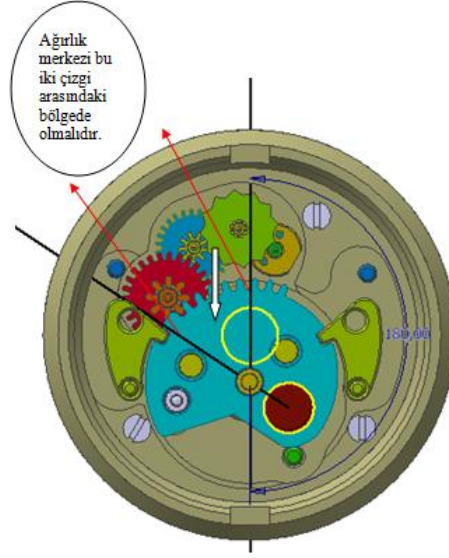
a.

b.

Şekil 2.22. a.) Kurulmamış GKM-X kompleksi, b.) Kurulmuş GKM-X kompleksi

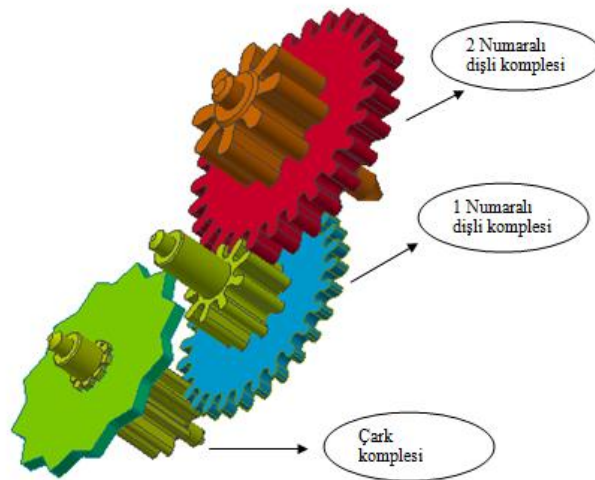
Gkm Alt Bileşenleri: Güvenlik kurma mekanizmasını oluşturan, mekanizmayı fonksiyonel olarak direkt etkileyen bileşenleri; rotor, dişliler, hareket nakil çarkı, pandül, dönü ve atış yönüne ters atalet ivmesiyle rotoru serbest bırakan yaylar oluşturmaktadır.

Rotor: Rotor, patlayıcı zincirinin mekanik olarak yolunu kapatan en önemli aksamlarından biridir. Üzerinde patlayıcı detanötör bulunur. Mühimmatın namludan çıkıp belli bir mesafeye gelinceye kadarki sürede herhangi bir nedenle patlayıcı zincirinin tamamlanmamasını sağlayarak mühimmatı hep güvende tutan çok önemli bir aksamdır. Rotoru sadece dönü, atalet kuvveti v.b. gibi etkenler harekete geçirir. Bu dönü ve atalet kuvveti pim ve mandal gibi aksamlarla çalışan yaylar sayesinde olur. Rotorun, dönme eksenine merkezden kaçık yerleştirilmesi ve rotor üzerinde oluşan merkezkaç kuvvetinin rotoru dinamik olarak denge durumuna gelinceye kadar döndürmesi temel alınarak mekanizma tasarlanmıştır. Rotorun ağırlık merkezi çok önemlidir. Rotorun ağırlık merkezi, merkezden kaçık rotor mili-alev deliği arasındaki hayali çizgi ile rotor mili-kapsül deliği arasındaki hayali çizginin kesişme noktasının içinde olmalıdır. (Şekil 2.23.)



Şekil 2.23. Rotor tasarımında ağırlık merkezi yer tayini

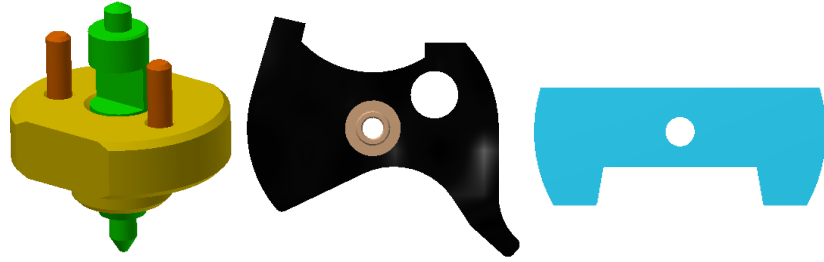
Dişli Sistemleri : Literatürde ‘Safety and Armind Device’ olarak geçen alt sistem dişli gurubundan oluşur ve namlu önü emniyetini sağlayan (Mühimmatı ömür döngüsünde-atıldığı ana kadar emniyette tutan) yapıdır. GKM’ deki farklı dişli sistemleriyle, rotorun üzerindeki patlayıcı kapsül istenilen sürede patlayıcı zinciri eksenine getirilebilir. GKM’ de kullanılan örnek bir dişli sistemi Şekil 2.24.’ te görülmektedir.



Şekil 2.24. GKM dişli sistemi

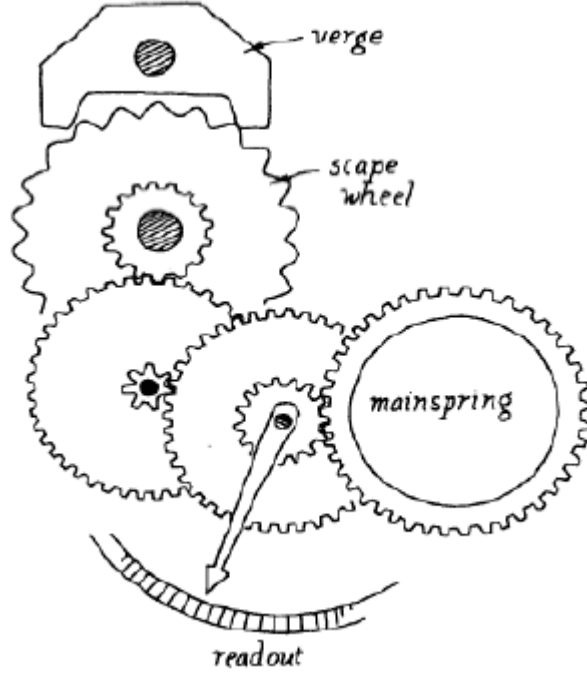
Güvenlik kurma mekanizmasında dişli ve bu dişlilerin diş sayısı çok önemlidir. Çünkü dişli sayısı ile kurulma süresi artırılıp azaltılabilir. Mühimmat namludan çıktıktan sonra dönü ve ters yönde atalet kuvvetiyle yaylar rotoru serbest bırakır. Şekil 2.21.'de gösterilen rotorun hareket etmesiyle 2 nolu dişli kompleksi dönmeye başlar. 2 nolu dişlinin 1 tur dönmesi ile 1 nolu dişli kompleksi 3 tur döner. 1 nolu dişli kompleksinin 3 tur dönmesiyle hareket nakil çarkı 9 tur atar. Görüldüğü gibi dişli sayısı ne kadar arttırılırsa, hareket nakil çarkı da o kadar fazla döner. Zaten buradaki amaç hareket nakil çarkının tur sayısını arttırmaktır. Çünkü hareket nakil çarkı ne kadar fazla tur atarsa birlikte çalıştığı pandülün salınım hareketi ve kurulma süresi de artacaktır.

Pandül: Belirli bir geometride oluşturulmuş, birlikte çalıştığı dişlinin her bir dişi üzerinde aynı düzlemde dönerek temasıyla veya çarpmasıyla görevini yapan ve dişli sisteminin hızını ve ivmesini belirli bir rejime sokan ve yavaşlatan parçaya pandül denir. Mekanik saatlerde zamanın doğru akmasını, tapalarda ise kurulma süresini yani namlu önü emniyetini ayarlayan sistemin en önemli parçasıdır. Şekil 2.25.' te farklı tapalarda kullanılan pandül örnekleri gösterilmiştir.



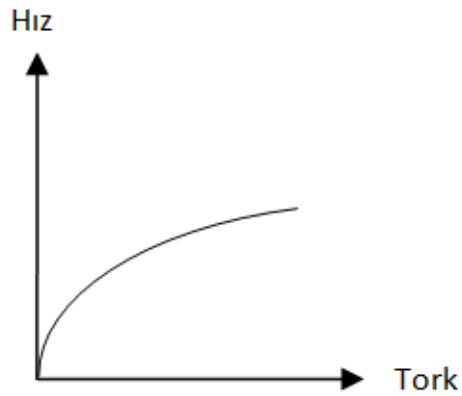
Şekil 2.25. Tapalarda kullanılan pandül örnekleri

Hareket Nakil Çarkı-Pandül İlişkisi: Belli bir açıda döndürülmek istenen ana dişli (Rotor) dönü veya atalet kuvvetiyle harekete başladığı zaman, hareket nakil çarkı ve pandül birbirlerine temas ederek aynı düzlemde çalışırlar. Şekil 2.26.'da örnek bir dişli sisteminde hareket nakil çarkı (scape wheel) ve pandül (verge) gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Dişli sistemi-pandül gösterimi [8]

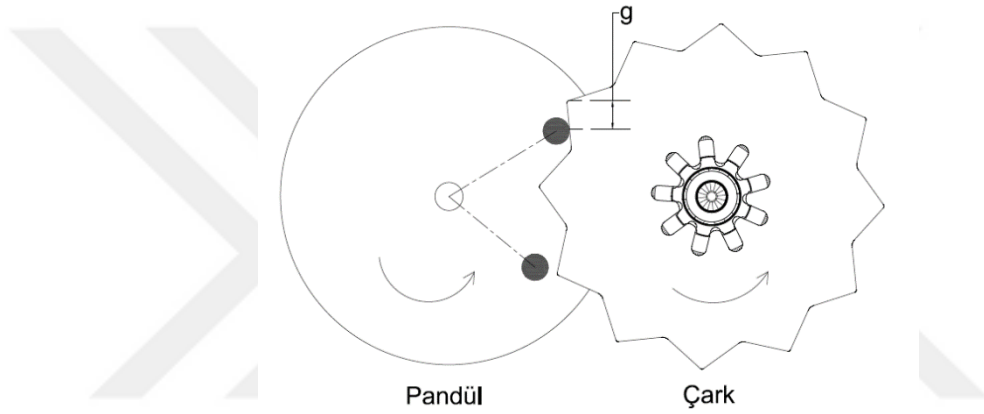
Hareket nakil çarkı ve pandül ikilisi yüksek dönü ve atalet kuvveti etkilerini sönümler, adeta fren görevini üstlenirler. Dönü arttıkça tork kuvveti artar, tork kuvveti arttıkça pandülün salınım hareketi de artar ancak belli bir değerden sonra sabitlenir. Şekil 2.27.' de salınım hareketi ile tork ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Pandül salınım hareketi hızı-tork ilişkisi

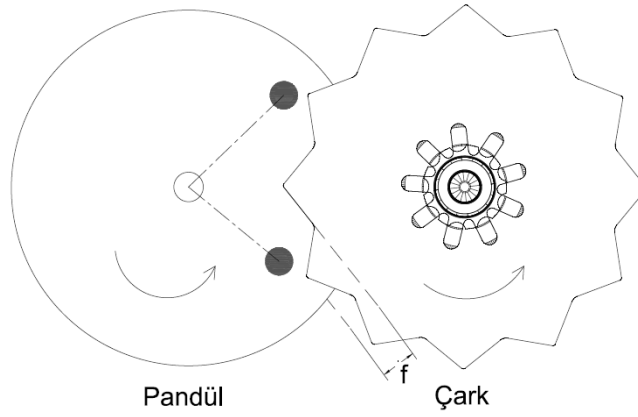
Hareket nakil çarkı ile pandül birlikte sırayla 3 farklı hareket yaparak çalışır. Bu hareketler ve açıklamaları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Hareket nakil çarkı ile pandülün birlikte çalışması (birlikte hareket): Tork yayı dönü etkisiyle geri çekilir ve dişliyi harekete geçirir. Hareket nakil çarkı ile pandül yüzeyi temasa geçer ve birlikte hareket ederek salınım hareketini başlatır. Aslında bu hareket, çark ile pandülün ilk temas ettiği andaki harekettir. Şekil 2.28.' de birlikte hareket gösterilmiştir [25].



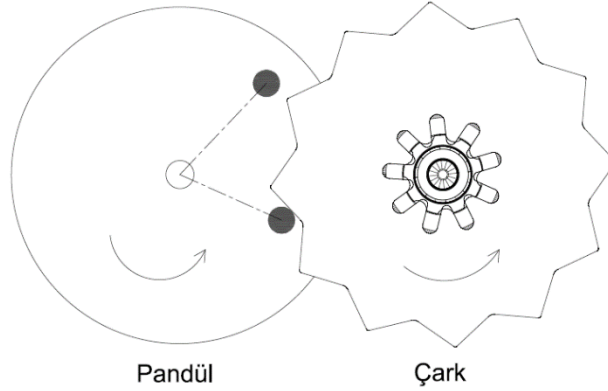
Şekil 2.28. Birlikte hareket gösterimi

Hareket nakil çarkı ile pandülün temassız serbest hareketi (serbest hareket): Birlikte hareket bittiği zaman hareket nakil çarkı ile pandülün temas etmediği harekettir. Bu durumda Şekil 2.28.' de görülen 'g' uzaklığı sıfıra eşittir. Şekilsel gösterimi Şekil 2.29.' da verilmiştir ($g=0$) [25].



Şekil 2.29. Serbest hareket gösterimi

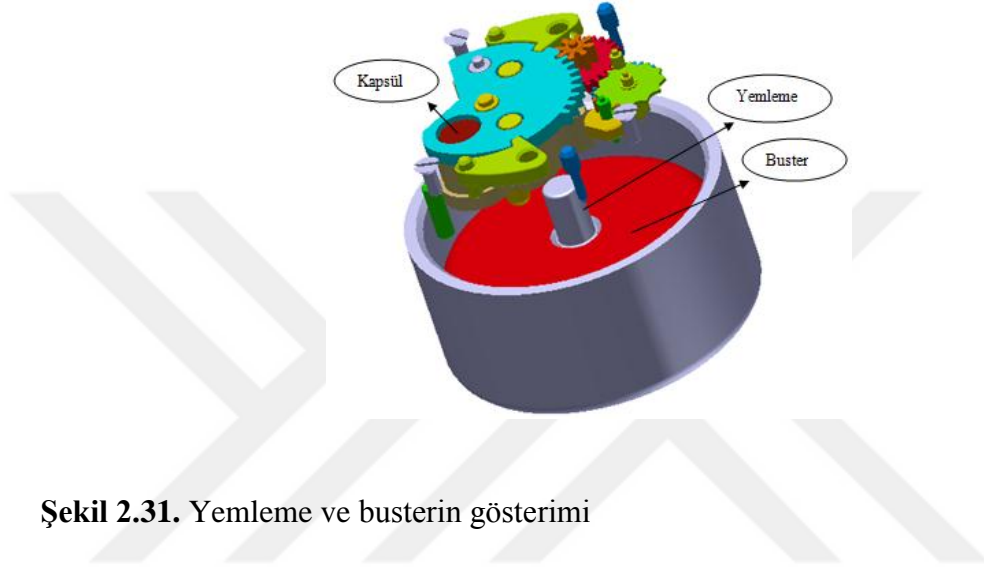
Hareket nakil çarkı ile pandülün birbirine çarparak çalışması (çarpmalı hareket): Serbest hareketten sonra hareket nakil çarkı ile pandülün birbirine çarparak hareket etmesidir. Bu durumda Şekil 2.29.' da görülen 'f' uzaklığı sıfıra eşittir. Şekilsel gösterimi Şekil 2.30.' da verilmiştir ($f=0$) [25].



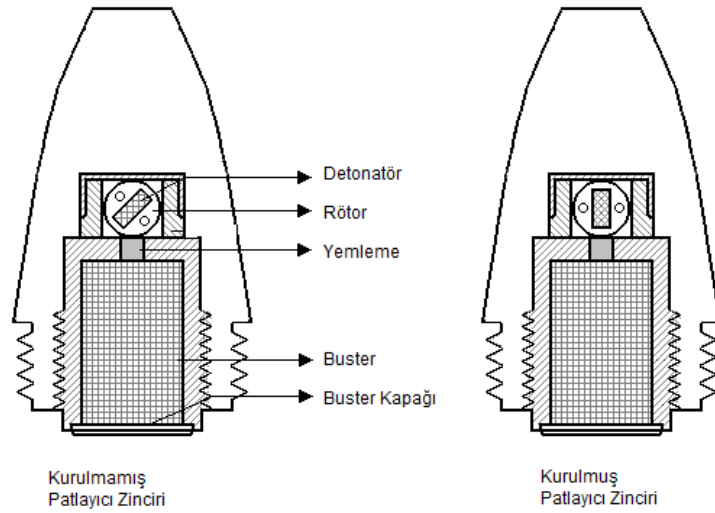
Şekil 2.30. Çarpma hareketi gösterimi

Yay Sistemleri: Mühimmat atıldığı anda meydana gelen G kuvveti (m/s^2) ve dönü kuvvetini (d/dak) kullanarak sistemi emniyetli durumdan (out of line), ateşlemeye hazır duruma (in line) getiren en kritik emniyet aksamlarıdır.

Yemleme ve Buster: Yemleme, patlayıcı zincirini tamamlamak için kapsülden gelen alevin bustere aktarılmasını sağlayan patlayıcı elemandır. Yemleme elemanı olarak genellikle Tetril, RDX, HMX v.b. patlayıcılar kullanılır. Yemlemenin etkinliğini patlayıcının yoğunluğu belirler. Kapsül, yemleme ve busterden oluşan en basit patlayıcı zinciri Şekil 2.31.' de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.31. Yemleme ve busterin gösterimi



Şekil 2.32. Kurulmuş ve kurulmamış patlayıcı zinciri [19]

Buster patlayıcı zincirinin son basamağında bulunan ve patlayıcı yoğunluğu en fazla olan elemandır. Busterin infilak edebilmesi için zincirin tüm patlayıcı elemanları aynı eksene gelmelidir. Şekil 2.32.' de aynı eksene gelmiş patlayıcı zinciri görülmektedir. Buster, kapsül ve yemlemeden gelen paralanma ile harekete geçer ve çok şiddetli bir şekilde paralanmayı mühimmat içerisindeki imla maddesine iletir. Buster olarak en fazla Tetril, RDX, TNT ve PETN v.b. kimyasal patlayıcılar kullanılır.

2.5. Tapaların Çalışma Prensibi

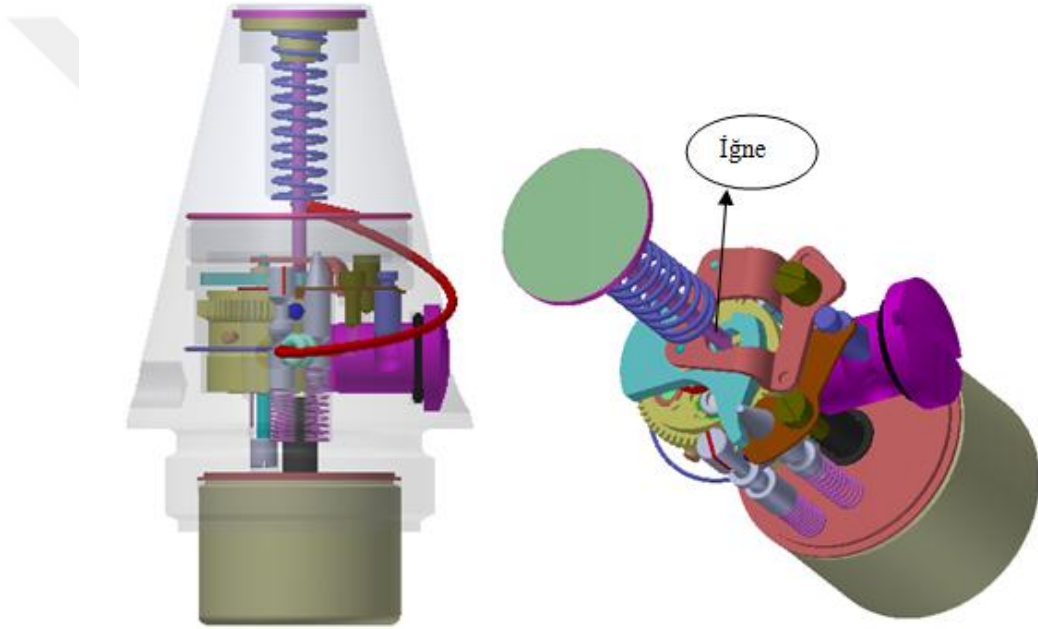
Mekanik güvenlik kurma mekanizmalı tapaların çalışma prensibi genel olarak şu şekilde açıklanabilir; mühimmat tapaları namludan çıkarken atalet kuvvetinin etkisiyle gidiş yönü tersine veya dönü ile rotoru tutan aksamların bağlı bulunduğu yay kuvvetini yenerek rotorun serbest kalmasını sağlar. Rotor da kurma yayı veya ağırlık merkezinden dolayı dönerek, rotor üzerindeki kapsülün ateşleme iğnesinin altına gelmesini sağlar ve bu şekilde patlayıcı zinciri tamamlanmış olur.

2.5.1. Dönüsüz Tapaların Çalışma Prensibi

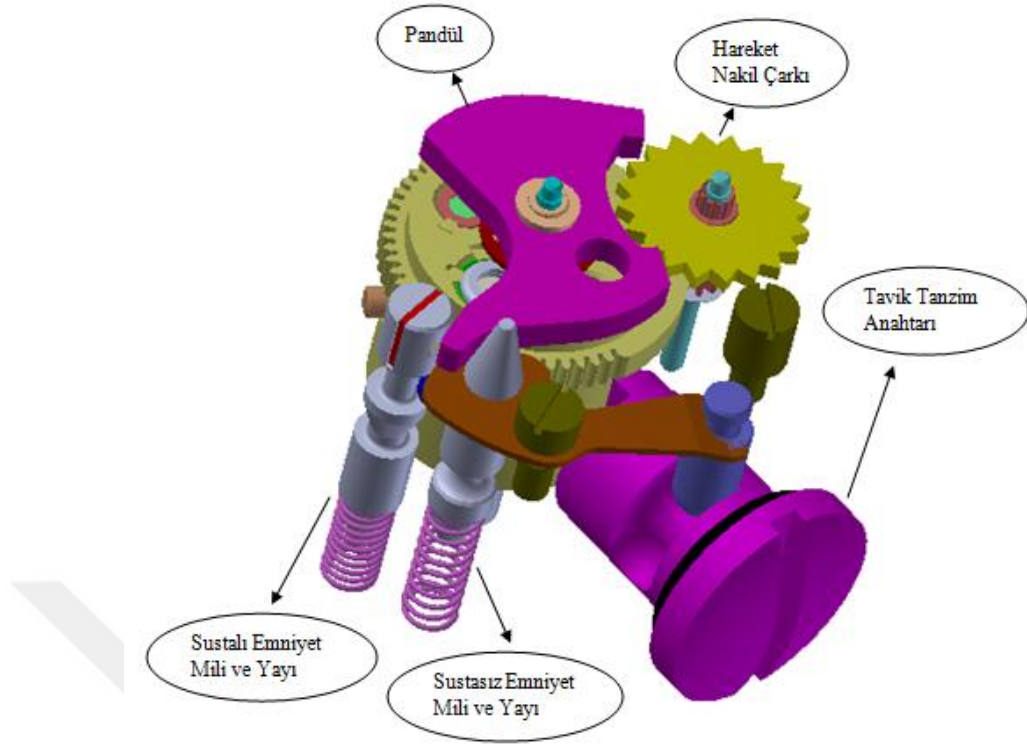
Dönüsüz yani kuyruk dengeli olan bu mühimmatlar (yiv-setsiz) havan namlularından fırlatılırlar. Tapanın kurulabilmesi yani patlayıcı zincirini tamamlayabilmesi için ileri ve geri atalet kuvvetine ihtiyaç duyarlar. İleri atalet kuvveti, mühimmatın namluya sürülmesiyle namlu dibinde bulunan iğnenin kapsülü patlatması, bu patlama etkisiyle de sevk barutunun yanması ve ortaya çıkan yüksek basınç ile mühimmatı aniden ileri doğru fırlatan kuvvettir. Geri atalet kuvveti ise mühimmatın gidiş yönü tersine rotorun hareket etmesini önleyen pimlerin geri çekilmesini sağlayan kuvvettir. Dönüsüz havan mühimmatlarında kullanılan (51 mm ile 120 mm arasındaki mühimmatlarda kullanılmaktadır.) tapanın çalışma şekli aşağıda anlatılmıştır.

Hassas pozisyon: Dönüsüz havan tapa kompleksi, atış esnasında merminin aldığı ivmenin (Min. 650g-Max. 11.000 g) etkisiyle sustalı emniyet mili ve sustasız

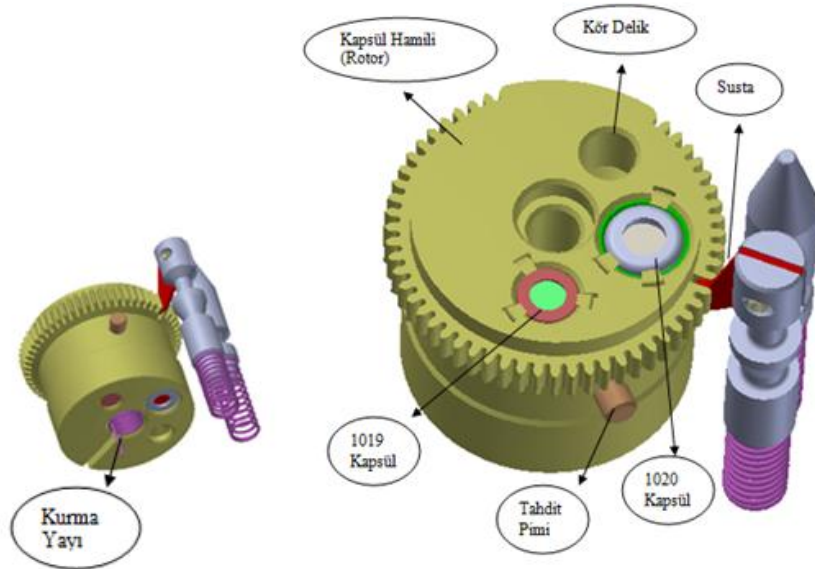
emniyet mili üzerlerine tesir eden atalet kuvveti ile yay kuvvetini yenerek merminin gidiş yönünün aksi istikametine çekilme hareketi yapar. Bu esnada kurulu halde bulunan kapsül hamili sabitleyen sustalı emniyet mili çekilme hareketini yaptığı için kapsül hamili boşta kalır ve kurma yayının etkisiyle saat ibresi yönünde dönme hareketine başlar. Hareket başlamadan önce iğne kompleksi kapsül hamili üzerindeki kör deliğin üzerinde emniyetli bir pozisyondadır. Havan tapası kompleksi, bu kompleyi oluşturan parçalar, bunların tapa üzerindeki konum ve ilişkileri Şekil 2.33., 2.34. ve 2.35.' te gösterilmiştir.



Şekil 2.33. Havan tapası

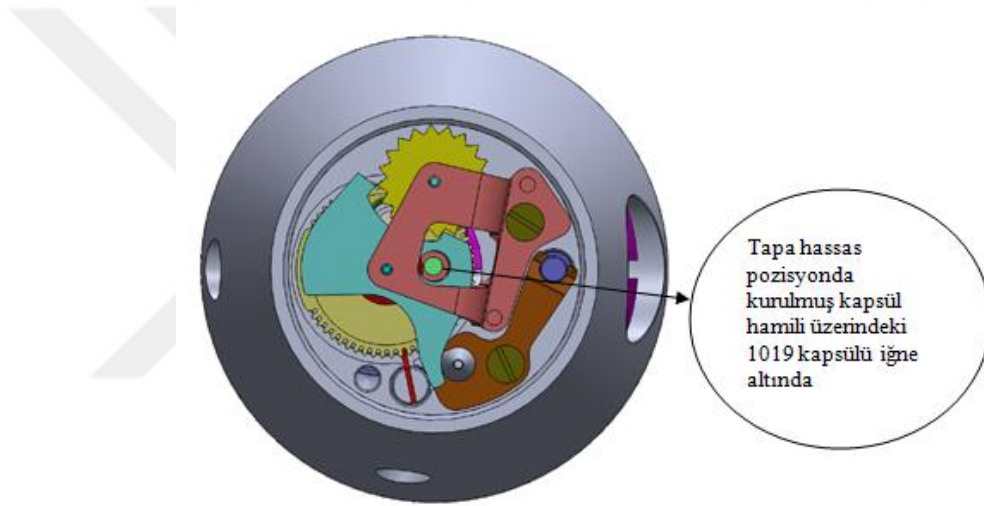


Şekil 2.34. Havan tapası bileşenleri-1



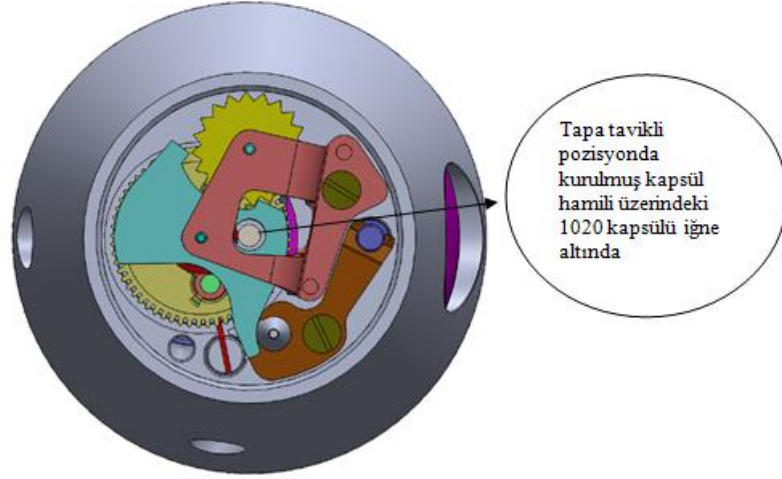
Şekil 2.35. Havan tapası bileşenleri-2

Tapanın, atış esnasında veya atışı simule eden düzenek sayesinde sustalı emniyet mili ve sustasız emniyet mili üzerlerine tesir eden atalet kuvveti sayesinde bu iki mil yay kuvvetini yener ve merminin gidiş istikameti tersi yönüne doğru geri çekilerek rotoru serbest bırakır. Bu hareket 0,82-1,06 sn süre sonunda gerçekleşir ve namlu önü emniyeti sağlanmış olur. Böylece tapa artık hassas pozisyonda kurulmuş durumdadır. (Şekil 2.38.). DM 1019 kapsülü hassas konumda iğne kompleksinin altına gelmiştir ve mermi hedefe çarptığı anda iğne DM 1019 kapsülüne vurarak patlatır ve ateşleme zincirini harekete geçirir. (Ateşleme zinciri; 1019 Kapsül – Yemleme – Komprime – Tnt şeklindedir.)



Şekil 2.38. Hassas pozisyonda kurulmuş tapa

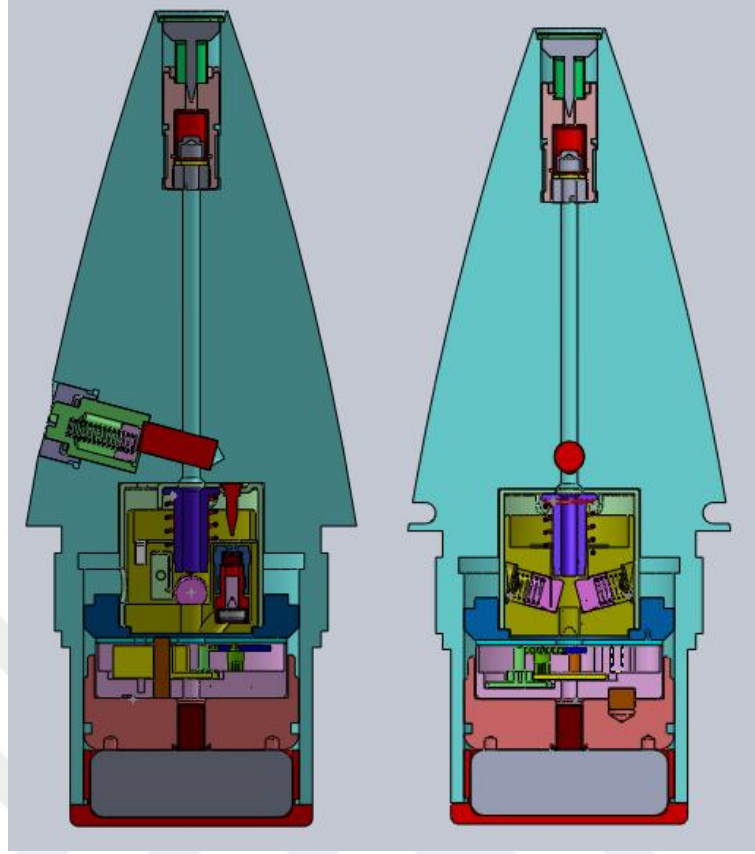
Tavikli pozisyon: Tavikli konumda ise yukarıda belirtilen olaylar aynı şekilde gerçekleşir fakat tavik tanzim anahtarına bu sefer tahdit pimi takılmaz, kapsül hamili üzerindeki diş bitimine kadar hareket devam eder. (Şekil 2.36.b.). Hareket sona erdiğinde DM 1020 detonatörü iğne kompleksinin altına gelmiştir ve ateşleme zinciri patlamaya hazır haldedir (Şekil 2.39.). Mermi hedefe çarptığında DM 1020 detonatörü, kimyasal bileşiminden dolayı 0,06 sn tavikli (gecikmeli) olarak ateşleme zincirini patlatır. (Ateşleme zinciri; 1020 Kapsül – Yemleme – Komprime – Tnt şeklindedir.)



Şekil 2.39. Tavikli (gecikmeli) pozisyonda kurulmuş tapa

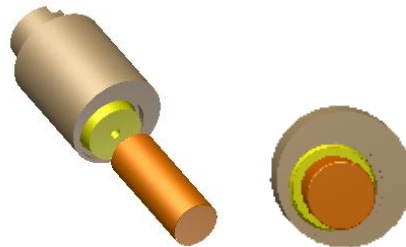
2.5.2. Dönülü Tapaların Çalışma Prensibi

Dönülü yani dönü dengeli (kuyruksuz) olan bu mühimmatlar (yiv-setli) top namlularından fırlatılırlar. Tapanın kurulabilmesi yani patlayıcı zincirini tamamlayabilmesi için dönü kuvvetine ihtiyaç duyarlar. Mühimmatın namluya sürülmesiyle namlu dibinde bulunan iğnenin veya elektrikli ateşleyicinin kapsülü patlatması, bu patlama etkisiyle sevk barutunun yanması ve ortaya çıkan yüksek basınç ile mühimmat aniden ileri doğru fırlar ve namlu içindeki yiv-setler sayesinde yüksek devirlere ulaşır. Oluşan bu dönü kuvvetiyle rotorun hareket etmesini önleyen mandallar geri çekilir ve rotoru serbest bırakır. Böylece patlayıcı zinciri tamamlanmış olur. Dönülü topçu mühimmatlarında kullanılan (75 mm ile 203,2 mm arasındaki mühimmatlarda kullanılmaktadır) ve Şekil 2.40.' da gösterilen tapanın çalışma şekli aşağıda anlatılmıştır.



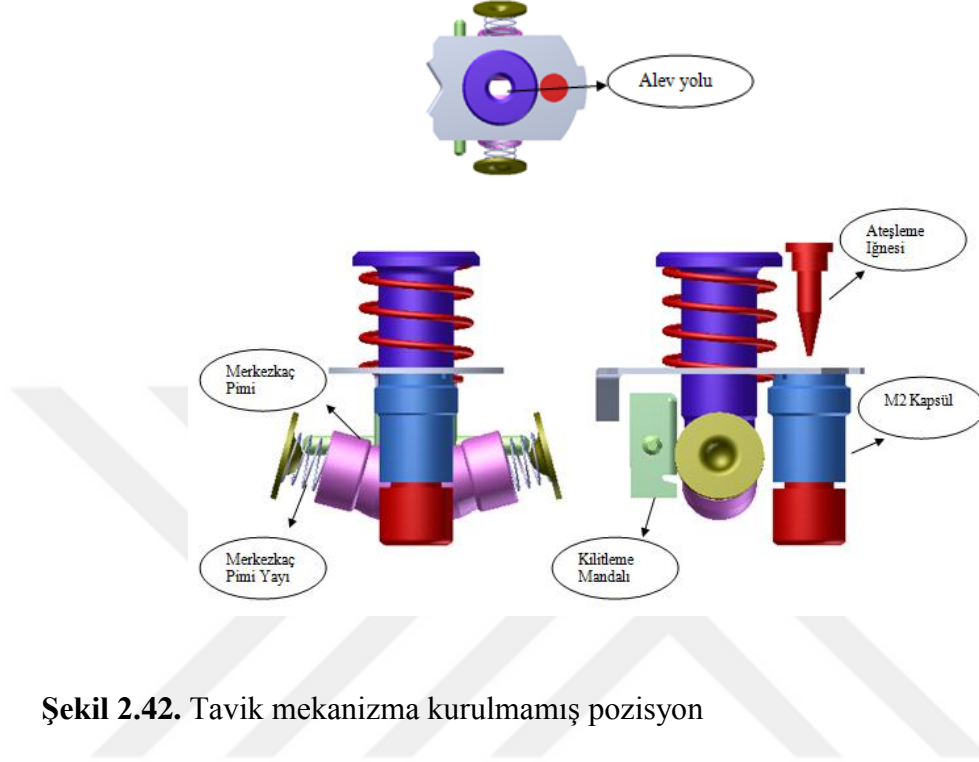
Şekil 2.40. Topçu tapası

Hassas pozisyon: 1500-2000 devir/dakikada emniyet mili ve tavik tanzim anahtarı hassas pozisyonda aynı eksende oldukları için dönü etkisi ile geri çekilir ve alev yolu açılır. (Şekil 2.41.).



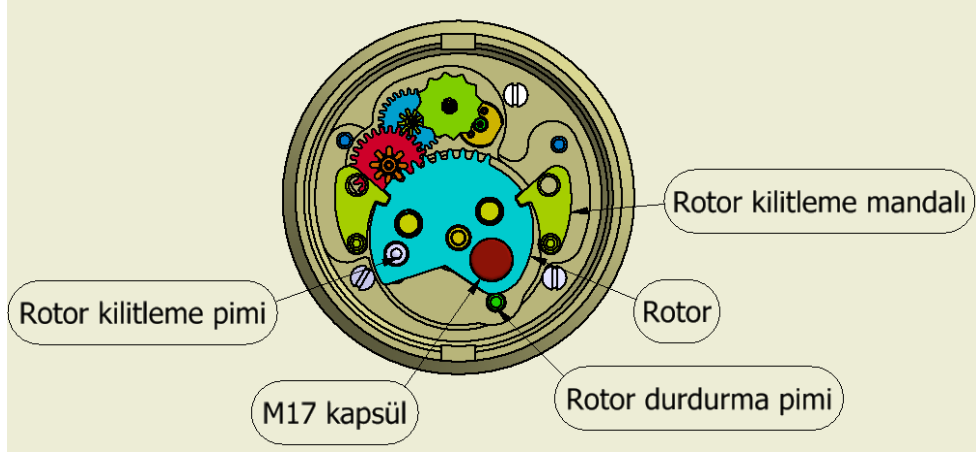
Şekil 2.41. Hassas-gecikme ayar anahtarı (hassas pozisyon)

Şekil 2.42.' de görüldüğü gibi M1 tavik mekanizma kompleksinin alev yolu sürekli açıktır.



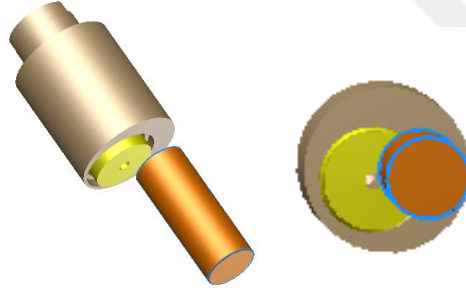
Şekil 2.42. Tavik mekanizma kurulmamış pozisyon

Aynı Şekilde dönü etkisi ile Şekil 2.40.' ta gösterilen topçu tapasında kullanılan GKM' nin sağ sol mandalları, yayların çekilmesiyle rotoru serbest bırakır. Rotor dönü yönü ve ağırlık merkezinin etkisiyle saat ibresinin tersi yönünde dönmeye başlar. Rotorun altındaki kademe GKM gövdesi üzerindeki rotor durdurma pimine takılır ve aynı anda rotorun üzerindeki rotor kilitleme pimi yay kuvvetinin etkisiyle üst kapaktaki yuvasına oturur. (Şekil 2.43. ve 2.47.). M17 kapsülü alev yolu eksenine gelmiş olur ve tapa kompleksi artık fonksiyon yapmaya hazır durumdadır. (Patlama zinciri; Kapsül- M24- M17- Yemleme- Komprime- İlave imla hakkı- Tnt)



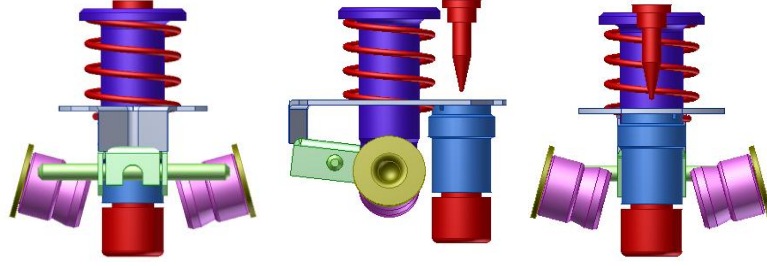
Şekil 2.43. GKM ve bileşenleri

Tavikli (gecikmeli) pozisyon: 1500-2000 devir/dakikada emniyet mili ve tavik tanzim anahtarı tavikli pozisyonda farklı eksenlerde oldukları için dönü etkisi ile geri çekilemez ve alev yolu kapalıdır. (Şekil 2.44.)



Şekil 2.44. Hassas-gecikme ayar anahtarı (gecikmeli pozisyon)

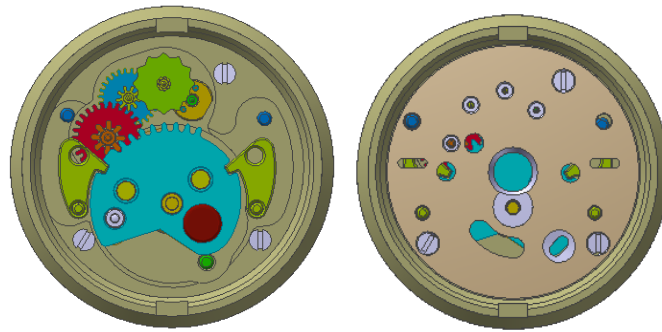
M1 tavik mekanizma kompleksinde dönü etkisi ile merkezkaç pim yayları geri çekilir. Kilitleme mandalı dönü ve ağırlık merkezinden dolayı dik pozisyondan yatay pozisyona gelir ve geri çekilen merkezkaç pimlerinin arasına oturarak pimlerin geri gelmesini önler. (Şekil 2.45.)



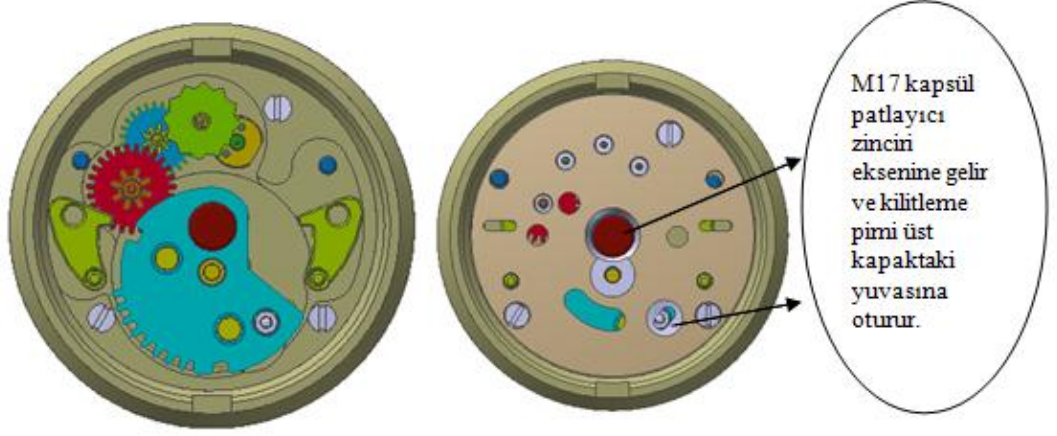
Şekil 2.45. Tavik mekanizma kurulmuş pozisyon

M1 tavik mekanizma kompleksi hassas pozisyonda da çalışır (0,05 sn gecikmeli olarak). Ancak mermi hedefe çarptığı anda infilak ettiği için M1 tavik mekanizma kompleksinin işlevi olmaz. Tapanın hedefe çarpmasıyla M2 kapsül ateşleme iğnesine çarpar ve 0,05 saniyelik gecikmeli patlama (M2 kapsülün kimyasal bileşiminden dolayı) başlar.

Aynı şekilde dönü etkisi ile GKM sağ sol mandalları yayların çekilmesiyle rotoru serbest bırakır. Rotor dönü yönü ve ağırlık merkezinin etkisiyle saat ibresinin tersi yönünde dönmeye başlar. Rotorun altındaki kademe GKM gövdesi üzerindeki rotor durdurma pimine takılır ve aynı anda rotorun üzerindeki rotor kilitleme pimi yay kuvvetinin etkisiyle üst kapaktaki yuvasına oturur. M17 kapsülü alev yolu eksenine gelmiş olur. Artık tapa kompleksi 0,05 sn gecikmeli olarak fonksiyon yapmaya hazır durumdadır. (Patlama zinciri; Kapsül-M24-M2-M17-Yemleme-Komprime-İlave imla hakkı-Tnt)



Şekil 2.46. GKM kurulmamış pozisyon



Şekil 2.47. GKM kurulmuş pozisyon

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Deney Numunesi Üretimi

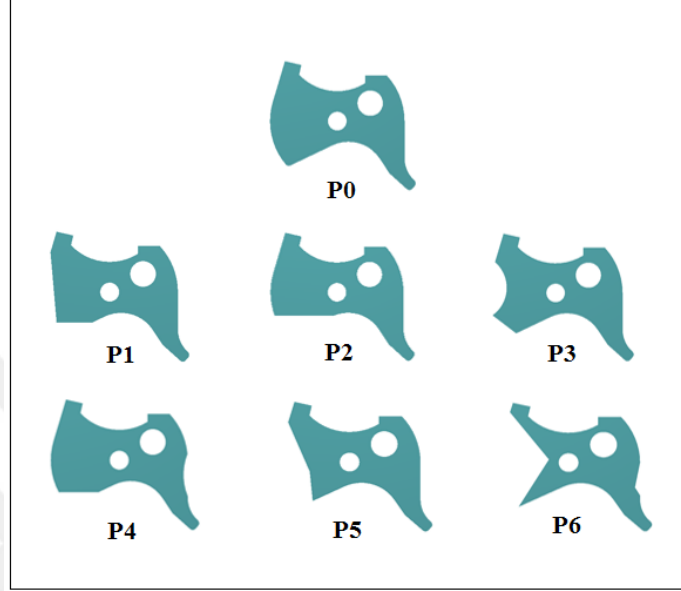
Yapılacak çalışmada pandül, rotor ağırlığının ve pandül kontak radiusun – kurulma süresine olan etkisinin deneysel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla gerekli olan farklı ağırlıklardaki pandül ve rotor numuneleri, farklı pandül radiusları, farklı dış çap, tel çap ve sarım sayılı yay numunelerinin hazırlanması işleminin nasıl yapıldığı aşağıda her deney için numune üretimi başlığı altında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1.1. Pandül Ağırlığı - Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi

AZDM 111 A2 tapalarında kullanılan pandüllerin tapa kurulma süresine olan etkilerini incelenmek amacıyla 6 adet deney numunesi hazırlanması planlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak tapalarda hâlihazırda kullanılan ve kütleleri aynı olan pandüller seçilmiştir. Seçilen pandüller daha sonra AZDM 111 A2 tapasına monte edilerek kurulma süreleri AZDM 111 A2 tapası zaman test cihazında üçer kez ölçülerek ortalama kurulma süreleri belirlenmiştir. Ağırlıkları ve kurulma süresi ölçümleri sonucunda kütleleri ve kurulma süreleri aynı olan yedi adet pandül deney numunesi olarak alınmıştır. Böylece incelenecek pandüllerin standart kütle ve bu kütleler için aynı kurulma sürelerinde olması sağlanmıştır. Daha sonraki aşamada seçilen bu pandüllerin altı tanesi (bir tanesi karşılaştırma için standart olarak bırakılmıştır) üzerinde ağırlık merkezlerinde küçük değişimlere müsaade edecek şekilde profil tezgahında kütle boşaltılması yapılarak farklı kütlelerde pandül numuneleri hazırlanmıştır. Her bir kütle değeri için üç defa kurulma süreleri ölçülmüştür ve bu sürelerin ortalamaları alınmıştır.

Pandüllerin kütlelerini değiştirmek için öncelikle 3D CAD programı yardımıyla bilgisayar ortamında pandüllerin katı modelleri hazırlanmış ve bu program yardımıyla pandüllerin ağırlık merkezinde küçük değişikliklere müsaade edilecek

şekilde bölgeler belirlenmiştir. CAD programı yardımıyla belirlenen bu bölgelerden (Şekil 3.1.) daha sonra profil tezgahı yardımıyla kütle boşaltılması yapılarak pandül deney numunelerinin hazırlığı tamamlanmıştır.



Şekil 3.1. CAD programında hazırlana pandül geometrileri

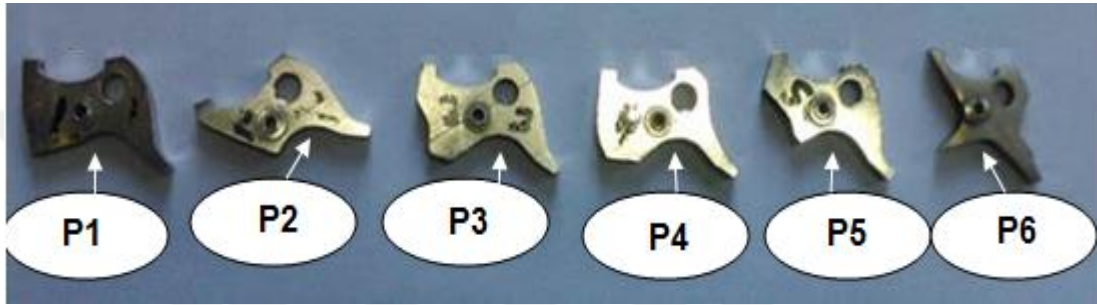
Pandül numunelerinin kütlelerinin ölçülmesinde elektronik hassas terazi, kütle boşaltma işlemlerinde profil tezgahı ve numunelerin tapaya monte edilerek kurulma sürelerinin ölçülmesinde ise AZDM 111 A2 tapa zaman test cihazı kullanılmıştır.

Hazırlanan deney numunelerinin kodları ve özellikleri Çizelge 3.1.’ de, CAD programındaki tasarımlara uygun olarak üretilen pandül deney numuneleri ise Şekil 3.2.’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Pandül ağırlığı-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri

Numune Kodu	MP0*	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
Kütlesi (gr)	2,843	2,637	2,591	2,547	2,370	2,103	1,754

* :Standart pandül numunesidir.



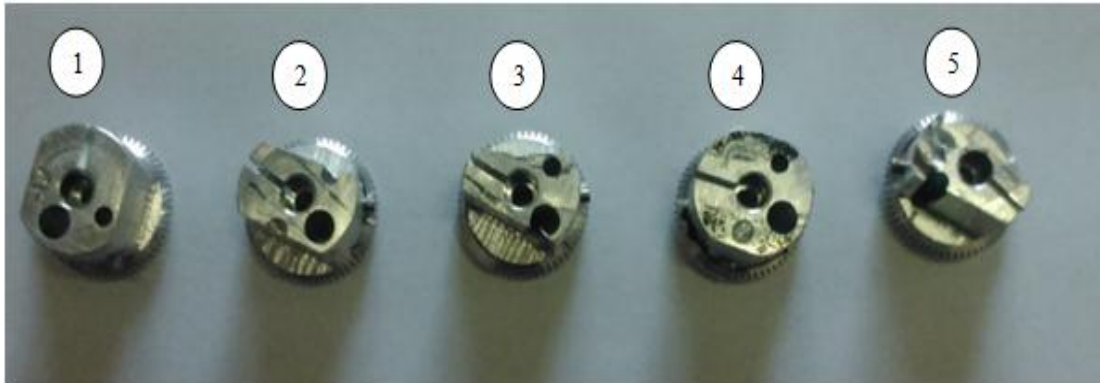
Şekil 3.2. Hazırlanan pandül deney numuneleri

3.1.2. Rotor Ağırlığı - Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi - Dönüsüz Tapa

AZDM 111 A2 tapalarında kullanılan ve kurulma süresine etkisi olabilecek bir diğer önemli parça olan rotorların ağırlıklarının tapa kurulma süresine olan etkilerini incelenmek amacıyla da beş farklı kütle değeri için deney numunesi hazırlanması planlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak tapalarda hâlihazırda kullanılan ve kütleleri aynı olan rotor numuneleri belirlenmiştir. Belirlenen rotor numuneleri daha sonra AZDM 111 A2 tapasına monte edilerek kurulma süreleri üçer kez AZDM 111 A2 tapası zaman test cihazında ölçülmüştür ve ortalama kurulma süreleri alınmıştır. Ağırlıkları ve kurulma süresi ölçümleri sonucunda kütleleri ve kurulma süreleri aynı olan altı adet rotor deney numunesi olarak alınmıştır. (bir tanesi karşılaştırma için standart olarak bırakılmıştır) Böylece incelenecek rotorların standart kütle ve bu kütleler için aynı kurulma sürelerinde olması sağlanmıştır.

Rotor üzerinde bulunan iki adet kapsül yuvalarına rotorların fonksiyonunu ve çalışmasını etkilemeyecek şekilde, aynı ölçülerde fakat ağırlıkları farklı olan tungsten, çelik ve pirinç malzemelerden hazırlanan pimler yerleştirilerek rotorların ağırlıkları arttırılmıştır. Rotor ağırlık artışını kontrollü şekilde sağlamak için üç farklı malzemeden pimler hazırlanmıştır. Hazırlanan farklı kütlelerdeki tüm rotor deney numuneleri, tapaların kurulma sürelerine olan etkilerini belirlemek için aynı tapa üzerine monte edilerek, aynı deney koşullarında AZDM 111 A2 zaman test cihazında kurulma süreleri üçer kez ölçülmüştür ve bu sürelerin ortalamaları alınmıştır.

Daha sonraki aşamada ise 3D CAD programı yardımıyla bilgisayar ortamında rotorların katı modelleri hazırlanmış ve bu program yardımıyla rotorların fonksiyonunu etkilemeyecek şekilde kütle boşaltma bölgeleri oluşturulmuştur. CAD programı yardımıyla oluşturulan bölgelerden daha sonra freze tezgâhi yardımıyla boşaltılma yapılmıştır. (Şekil 3.3.). Rotor ağırlıklarındaki değişimler için elektronik hassas terazi kullanılmıştır. Hazırlanan farklı kütlelerdeki tüm rotor deney numuneleri, tapaların kurulma sürelerine olan etkilerini belirlemek için aynı tapa üzerine monte edilerek aynı deney koşullarında AZDM 111 A2 zaman test cihazında kurulma süreleri ölçülmüştür. Hazırlanan rotor numunelerinin ortalama ağırlıkları ve deney numune kodları Çizelge 3.2.' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Hazırlanan rotor deney numuneleri – Dönüsüz

Çizelge 3.2. Rotor ağırlığı-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri –Dönüsüz

Rotor Numunesi	R-DZ1**	R-DZ0*	R-DZ2	R-DZ3	R-DZ4	R-DZ5
Rotor Ağırlığı (gr)	5,24	6,48	8,49	9,43	11,27	12,27

* : Standart rotor numunesi

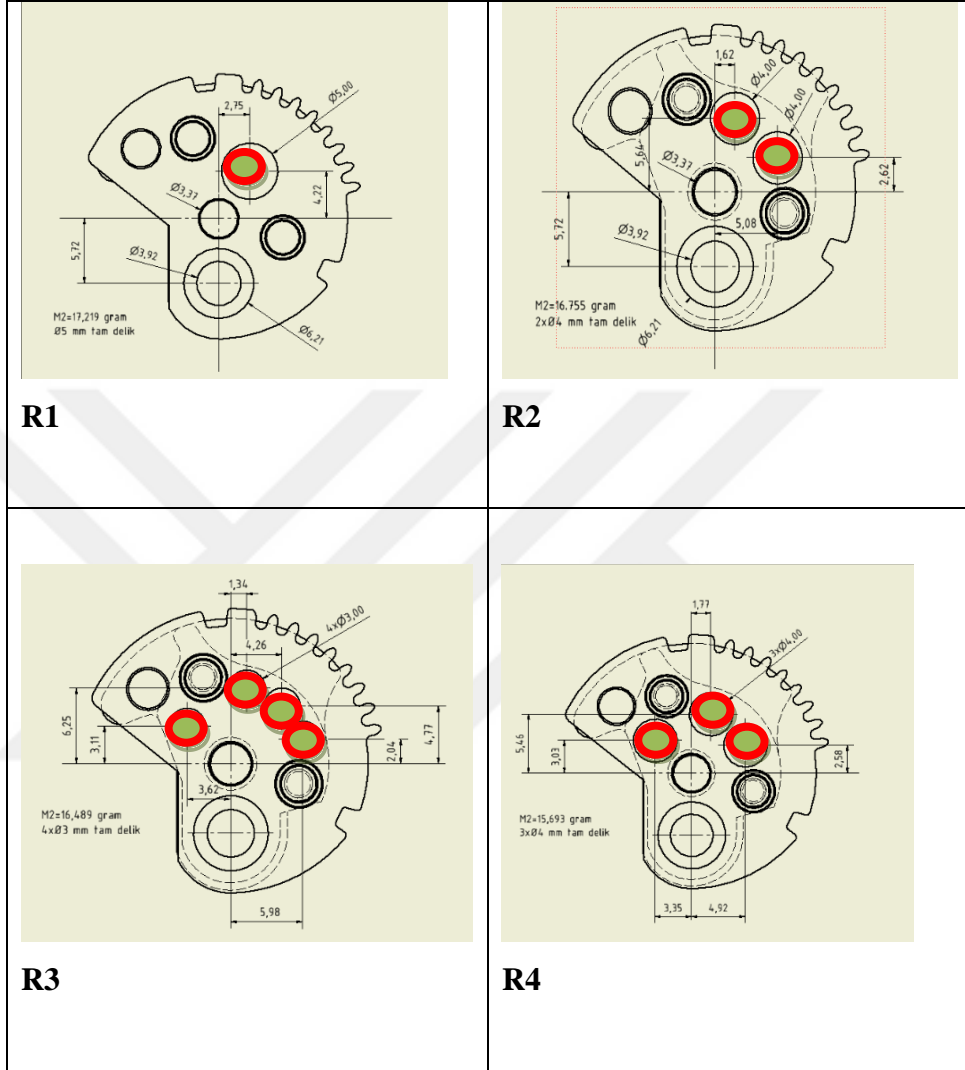
** : Kütle boşaltma işlemi yapılmış rotor numunesi

3.1.3. Rotor Ağırlığı - Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi - Dönülü Tapa

M557 tapalarında kullanılan rotorların tapa kurulma süresine olan etkilerini incelenmek amacıyla 4 adet deney numunesi hazırlanması planlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak tapalarda hâlihazırda kullanılan ve kütleleri aynı olan rotorlar seçilmiştir. Seçilen rotorlar daha sonra M557 tapasına monte edilerek devir tezgâhında belirlenen bir devirde, kurulma süreleri üçer kez hızlı kamera ile ölçülerek ortalama kurulma süreleri belirlenmiştir. Ağırlıkları ve kurulma süresi ölçümleri sonucunda kütleleri ve kurulma süreleri aynı olan beş adet rotor deney numunesi olarak alınmıştır. Böylece incelenecek rotorların standart kütle ve bu kütleler için aynı kurulma sürelerinde olması sağlanmıştır. Daha sonraki aşamada seçilen bu rotorların dört tanesi (bir tanesi karşılaştırma için standart olarak bırakılmıştır) üzerinde ağırlık merkezlerinde küçük değişimlere müsaade edecek şekilde koordinat matkap tezgâhında kütle boşaltılması yapılarak farklı kütlelerde rotor numuneleri hazırlanmıştır. Her bir kütle değeri için üç defa kurulma süreleri ölçülmüştür ve bu sürelerin ortalamaları alınmıştır.

Rotorların kütlelerini değiştirmek için öncelikle 3D CAD programı yardımıyla bilgisayar ortamında rotorların katı modelleri hazırlanmış ve bu program yardımıyla rotorların ağırlık merkezinde küçük değişikliklere müsaade edilecek şekilde bölgeler belirlenmiştir. CAD programı yardımıyla belirlenen bu bölgelerden (Şekil 3.4.) daha

sonra koordinat matkap tezgahı yardımıyla kütle boşaltılması yapılarak rotor deney numunelerinin hazırlığı tamamlanmıştır.



Şekil 3.4. CAD programında hazırlanan rotor geometrileri

Rotor numunelerinin kütlelerinin ölçülmesinde elektronik hassas terazi, kütle boşaltma işlemlerinde koordinat matkap tezgâhı ve numunelerin tapaya monte edilerek kurulma sürelerinin ölçülmesinde ise devir tezgâhı ve hızlı kamera kullanılmıştır.

Hazırlanan deney numunelerinin kodları Çizelge 3.3.' te CAD programındaki tasarımlara uygun olarak üretilen rotor deney numuneleri ise Şekil 3.5.' te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Rotor ağırlığı-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri –Dönülü

Rotor Numunesi	D-R0*	D-R1	D-R2	D-R3	D-R4
Rotor Ağırlığı (gr)	18,878	17,219	16,755	16,489	15,693

* : Standart rotor numunesi



Şekil 3.5. Hazırlanan rotor deney numuneleri – Dönülü

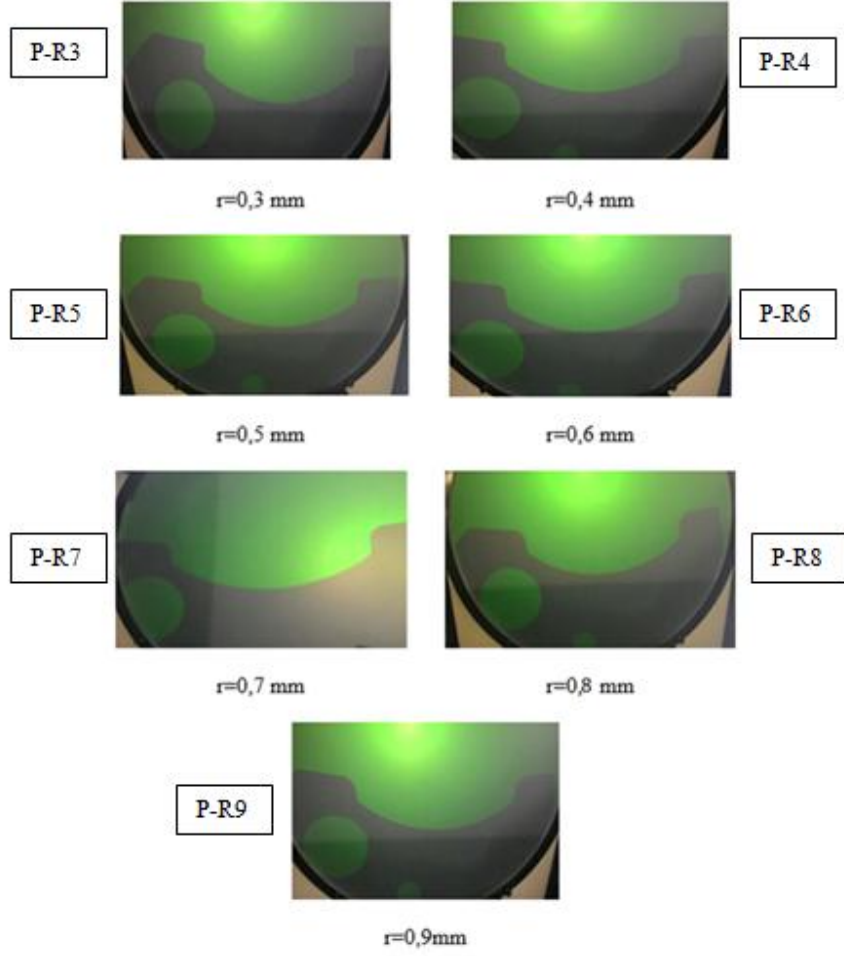
3.1.4. Pandül - Çark Kurulma Süresi Deneyi İçin Numune Üretimi

AZDM 111 A2 tapalarında kullanılan pandüllerin tapa kurulma süresine olan etkilerini incelenmek amacıyla 7 adet deney numunesi hazırlanması planlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak tapalarda hâlihazırda kullanılan pandüller seçilmiştir. Seçilen pandüller daha sonra AZDM 111 A2 tapasına monte edilerek kurulma süreleri AZDM 111 A2 tapası zaman test cihazında üçer kez ölçülerek ortalama kurulma süreleri belirlenmiştir. Kurulma süresi ölçümleri sonucunda kurulma süreleri aynı

olan yedi adet pandül, deney numunesi olarak alınmıştır. Böylece incelenecek pandüllerin standart kontak çeneleri için aynı kurulma sürelerinde olması sağlanmıştır. Daha sonraki aşamada seçilen bu pandüllerin çark ile birlikte çalıştığı kontak noktalarına profil tezgahında farklı yarıçaplarda radiuslar verilerek pandül numuneleri hazırlanmıştır. Her bir radius değeri için üç defa kurulma süreleri ölçülmüştür ve bu sürelerin ortalamaları alınmıştır.

Pandülün kontak radiuslarını değiştirmek için öncelikle 3D CAD programı yardımıyla bilgisayar ortamında pandüllerin katı modelleri hazırlanmış ve bu program yardımıyla pandüllerin radius verilecek bölgeleri belirlenmiştir. CAD programı yardımıyla belirlenen bu bölgelere daha sonra profil tezgahı yardımıyla radiuslar verilerek pandül deney numunelerinin hazırlığı tamamlanmıştır.

Pandül numunesinin radius ölçümlerinde profil projeksiyon cihazı ve numunelerin tapaya monte edilerek kurulma sürelerinin ölçülmesinde ise AZDM 111 A2 tapası zaman test cihazı kullanılmıştır. Hazırlanan deney numunelerinin kodları Çizelge 3.4.' te CAD programındaki tasarımlara uygun olarak üretilen pandül deney numuneleri ise Şekil 3.6.' da verilmiştir.



Şekil 3.6. Pandül numunelerinin projeksiyon cihazıyla yarıçap ölçümü

Çizelge 3.4. Pandül radius-kurulma süresi deney numunelerinin özellikleri

Numune Kodu	P-S*	P-R3	P-R4	P-R5	P-R6	P-R7	P-R8	P-R9
Yarıçap Değeri (mm)	0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

* : Standart pandül numunesi

3.1.5. Yay – Sıkışma Kuvveti İlişkisi İçin Numune Üretimi

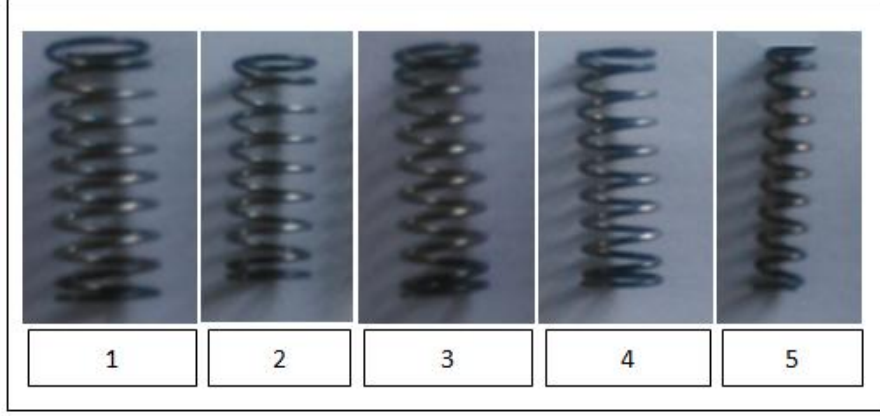
Dönümlü mühimmat tapaları güvenlik kurma mekanizmalarında kullanılan yayların sıkışma kuvvetine olan etkilerini incelemek amacıyla 15 adet deney numunesi hazırlanması planlanmıştır. Bu çerçevede ASTM-A313 standardına uygun malzemedan, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında bu yayların üretimi sağlanmıştır. Bu yay numunelerinin 5 tanesinin tel çapı, 5 tanesinin dış çapı, 5 tanesinin de sarım sayısı farklı olarak yay tansiyon cihazı ile sıkışma kuvvetleri üçer kez ölçülerek ortalama sıkışma kuvveti belirlenmiştir.

Dış Çapı Farklı Yay Numuneleri:

Yay dış çapı ve yay kuvveti arasındaki ilişkiyi incelemek için yay tel çapı, sarım sayısı ve yay boyu sabit tutarak 5,35 ile 10 mm arasında değişen beş farklı dış çap değerindeki yay numuneleri ASTM- A313 malzemedan, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında üretilmiştir. Daha sonraki aşamada yay numuneleri yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Bu işlem her yay numunesi için üçer kez yapılmıştır ve ortalama sıkışma kuvvetleri alınmıştır. Hazırlanan yay numunelerinin özellikleri Çizelge 3.5.' te, üretilen yaylar ise Şekil 3.7.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Dış çapı farklı olarak hazırlanan yay numunelerinin özellikleri

Yay	Tel Çapı (mm)	Yay Uzunluğu (mm)	Sarım Sayısı	Dış Çapı (mm)
Y-D1	0,75	23,5	10	10,00
Y-D2	0,75	23,5	10	9,25
Y-D3	0,75	23,5	10	7,85
Y-D4	0,75	23,5	10	7,75
Y-D5	0,75	23,5	10	5,35



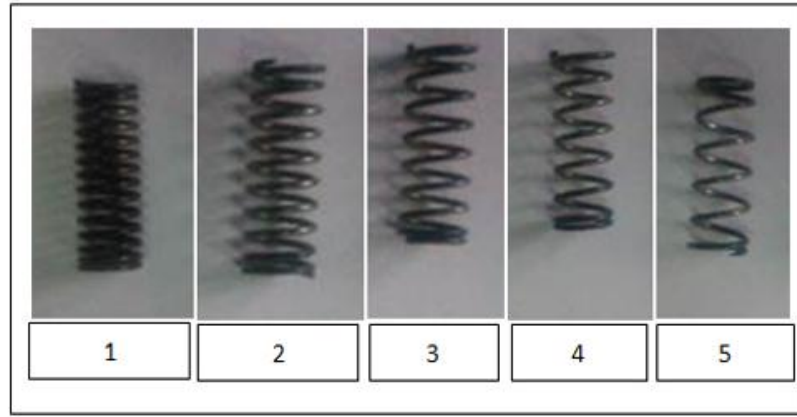
Şekil 3.7. Dış çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri

Sarım Sayısı Farklı Yay Numuneleri:

Yay sarım sayısı ve yay kuvveti arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek için yay tel çap, dış çap ve boyu sabit tutularak, sadece yay sarım sayısı farklı numuneler hazırlanmıştır. Sarım sayısı için 6,5 – 14 sarım arasında değişen beş farklı yay numunesi ASTM-313 malzemedan, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhı yardımıyla hazırlanmıştır. Her bir sarım sayısı için yay numuneleri üçer kez yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak ortalama sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Hazırlanan sarım sayısı farklı yay numunelerinin özellikleri Çizelge 3.6.’ da, üretilen yaylar ise Şekil 3.8.’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Sarım sayıları farklı olarak hazırlanan yay numunelerinin özellikleri

Yay	Tel Çapı (mm)	Yay Uzunluğu (mm)	Sarım Sayısı	Dış Çapı (mm)
Y-S1	1	26,5	14	10
Y-S2	1	26,5	10,5	10
Y-S3	1	26,5	9	10
Y-S4	1	26,5	8	10
Y-S5	1	26,5	6,5	10



Şekil 3.8. Sarım sayısı farklı olarak üretilen yay numuneleri

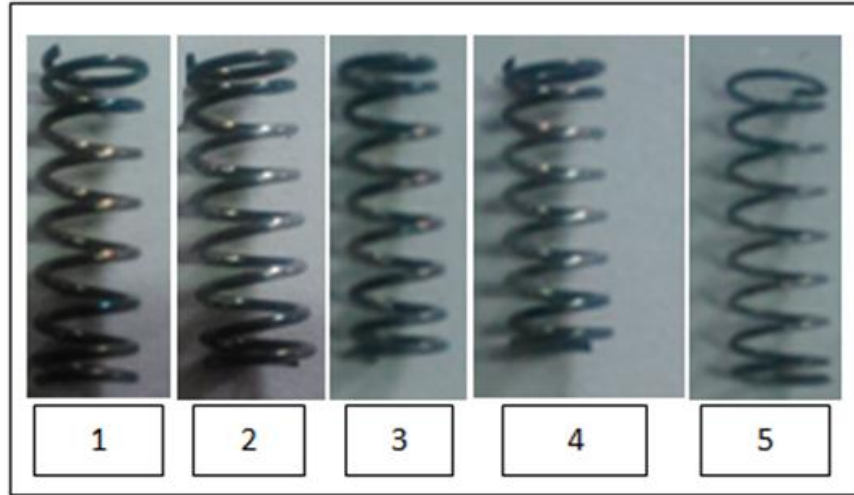
Tel Çapı Farklı Yay Numuneleri:

Yay tel çapı ve yay kuvveti arasındaki ilişkiyi incelemek için yay dış çapı, sarım sayısı ve boyu sabit tutarak 0,3 ile 1 mm arasında değişen beş farklı tel çap değerindeki yay numuneleri ASTM- A313 standardına uygun malzemenen, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında üretilmiştir. Daha sonraki aşamada yay numuneleri yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Bu işlem her yay numunesi için üçer kez yapılmıştır ve ortalama

sıkışma kuvvetleri alınmıştır. Hazırlanan yay numunelerinin özellikleri Çizelge 3.7.’de, üretilen yaylar ise Şekil 3.9.’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Tel çapları farklı olarak hazırlanan yay numunelerinin özellikleri

Yay	Tel Çapı (mm)	Yay Uzunluğu (mm)	Sarım Sayısı	Dış Çapı (mm)
Y-T1	1,00	18,25	8	6,4
Y-T2	0,75	18,25	8	6,4
Y-T3	0,63	18,25	8	6,4
Y-T4	0,50	18,25	8	6,4
Y-T5	0,30	18,25	8	6,4



Şekil 3.9. Tel çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri

3.1.6. Yay – Kurulma Devri İlişkisi İçin Numune Üretimi

Dönülü yani yiv-setli silah sistemlerinden fırlatılan mühimmat tapalarının güvenlik kurma mekanizmasında kullanılan yayların kurulma devriyle olan ilişkisini belirlemek için 4 adet yay numunesi (1 tanesinin tel çapı, 1 tanesinin dış çapı, 1 tanesinin de sarım sayısı farklı olarak) ASTM- A313 standardına uygun malzemedен, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerden bir tanesi karşılaştırma için standart olarak bırakılmıştır ve yay numuneleri yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak, sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Daha sonra numune yaylar GKM-X' e monte edilerek devir tezgâhında ayrı ayrı kurulma devirleri belirlenmiştir. Bu işlemler her yay numunesi için üçer kez yapılmıştır ve ortalama sıkışma kuvvetleri ve kurulma devirleri alınmıştır.

Dış Çapı Farklı Yay Numuneleri:

Yay dış çapı ve GKM-X kurulma devri arasındaki ilişkiyi incelemek için yay tel çapı, sarım sayısı ve yay boyunu sabit tutarak, dış çapı farklı yay numunesi ASTM- A313 malzemedен, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında üretilmiştir ve yay numunesi karşılaştırma yapılan diğer yay ile yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada yay numuneleri ayrı ayrı GKM-X' e monte edilerek devir tezgâhında kurulma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemler her yay numunesi için üçer kez yapılmıştır ve ortalama sıkışma kuvvetleri ve kurulma devirleri alınmıştır. Hazırlanan yay numunelerinin özellikleri Çizelge 3.8.' de, üretilen yaylar ise Şekil 3.10.' da gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Dış çap –kurulma devri numune özellikleri

Yay	Tel Çapı (mm)	Yay Uzunluğu (mm)	Sarım Sayısı	Dış Çapı (mm)
Y-D1	0,18	8,4	4	3,4
Y-D2	0,18	8,4	4	3,7



Şekil 3.10. Dış çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri

Sarım Sayısı Farklı Yay Numuneleri:

Yay sarım sayısı ve GKM-X kurulma devri arasındaki ilişkiyi incelemek için yay tel çapı, dış çapı ve yay boyunu sabit tutarak, sarım sayısı farklı yay numunesi ASTM-A313 malzemedен, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında üretilmiştir ve yay numunesi karşılaştırma yapılan diğer yay ile yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak, sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada yay numuneleri ayrı ayrı GKM-X' e monte edilerek devir tezgâhında kurulma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemler her yay numunesi için üçer kez yapılmıştır ve ortalama sıkışma kuvvetleri ve kurulma devirleri alınmıştır. Hazırlanan yay numunelerinin özellikleri Çizelge 3.9.' da, üretilen yaylar ise Şekil 3.11.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Sarım sayısı - kurulma devri numune özellikleri

Yay	Tel Çapı (mm)	Yay Uzunluğu (mm)	Sarım Sayısı	Dış Çapı (mm)
Y-S1	0,27	8,4	4	3,7
Y-S2	0,27	8,4	3	3,7



Şekil 3.11. Sarım sayısı farklı olarak üretilen yay numuneleri

Tel Çapı Farklı Yay Numuneleri:

Yay tel çapı ve GKM-X kurulma devri arasındaki ilişkiyi incelemek için yay dış çapı, sarım sayısı ve yay boyunu sabit tutarak, tel çapı farklı yay numunesi ASTM-A313 malzemenen, CNC (Computer Numeric Control) yay tezgâhında üretilmiştir ve yay numunesi karşılaştırma yapılan diğer yay ile yay tansiyon cihazında aynı oranda sıkıştırılarak, sıkışma kuvvetleri belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada yay numuneleri ayrı ayrı GKM-X' e monte edilerek devir tezgâhında kurulma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemler her yay numunesi için üçer kez yapılmıştır ve ortalama sıkışma kuvvetleri ve kurulma devirleri alınmıştır. Hazırlanan yay numunelerinin özellikleri Çizelge 3.10.' da, üretilen yaylar ise Şekil 3.12.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Tel çap - kurulma devri numune özellikleri

Yay	Tel Çapı (mm)	Yay Uzunluğu (mm)	Sarım Sayısı	Dış Çapı (mm)
Y-T1	0,27	8,4	4	3,7
Y-T2	0,18	8,4	4	3,7



Şekil 3.12. Tel çapı farklı olarak üretilen yay numuneleri

3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar

3.2.1. Ağırlık Ölçüm Cihazı

Dönüsz havan AZDM 111 A2 tapasında ve dönülü M557 tapasında kullanılan pandüllerin ve rotorların ağırlıklarının tapa kurulma süresine olan etkilerinin incelenmesi için farklı kütlelerde pandül ve rotor numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan pandül ve rotorların ağırlıklarının ölçülmesi için Şekil 3.13.' teki 0,001 gr. hassasiyetli elektronik hassas terazi kullanılmıştır. Terazi 22 °C sıcaklık ve %50 nem koşullarındaki laboratuvar ortamında yer almakta olup tartım işlemleri de bu laboratuvar şartlarında yapılmıştır.



Şekil 3.13. Elektronik hassas terazi ile ağırlık ölçümü

3.2.2. Koordinat Tezgahı

Dönümlü M557 tapasında kullanılan rotorların ağırlıklarını değiştirmek için öncelikle 3D CAD programı yardımıyla bilgisayar ortamında rotorun katı modeli hazırlanmış ve program yardımıyla rotorun ağırlık merkezi belirlenmiştir. Daha sonra bu ağırlık merkezinde küçük değişikliklere müsaade edilecek şekilde rotor üzerine farklı çap ve sayıda delikler açılmış ve deliklerin koordinatları ve referans alınan noktaları kaydedilmiştir. Daha sonra hazırlanmış olan standart rotor numunelerine Şekil 3.14.’teki koordinat matkap tezgâhı yardımıyla istenilen koordinatlardaki delikler açılarak kütle boşaltılma işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.14. Rotor ağırlıklarında değişikliklerin yapıldığı koordinat tezgahı

3.2.3. Tapa Kurulma Süresi Ölçüm Cihazı

Tapaların kurulma sürelerini ölçmek için Şekil 3.15.' te görülen AZDM 111 A2 Tapası kurulma süresi test cihazı kullanılmıştır. Cihaz çalışma prensibi olarak; tapa tezgâha bağlandıktan sonra cihaz üzerindeki kol (Mühimmatın gidiş yönü aksine oluşan atalet kuvvetini simule eden) aşağı indirilerek sustalı ve sustasız millerin yay kuvvetlerini yenerek aşağı inmesini sağlar. Böylece rotor kendisini tutan millerin çekilmesiyle harekete başlar. Hareket başladığı an titreşim de başlar ve tezgâh titreşim sona erene kadar süreyi devam ettirir. Titreşim bittiği an tapanın kurulma süresi belirlenmiş olur.



Şekil 3.15. AZDM 111 A2 tapası zaman test cihazı

3.2.4. Profil Ölçüm Cihazı

Dönüsüz havan AZDM 111 A2 tapasında kullanılan pandüllerin tapa kurulma süresine olan etkilerinin incelenmesi için farklı radius büyüklüklerinde pandül numuneleri hazırlanmıştır. Bu pandüllerin köşelerine verilmiş olan radiuslerin büyüklüklerinin ölçülmesi için Şekil 3.16.' daki profil projeksiyon cihazı kullanılmıştır. Kullanılan projeksiyon cihazı 750 mm ekran çapı, 0,001 mm cetvel ve 0,01° açı ölçer çözünürlüğüne sahiptir. Cihaz çalışma prensibi olarak; pandül cihaza bağlandıktan sonra belirli oranda büyütülür ve üç nokta tespiti yapılarak yarıçap değeri belirlenir.



Şekil 3.16. Profil projeksiyon cihazı

3.2.5. Tapa Devir Ölçüm Cihazı

Dönülü topçu M557 tapasında kullanılan rotorların ağırlık değişimlerinin süreye olan etkileri incelenmesinde; farklı kütlelerde hazırlanan rotorların ağırlıklarının ölçülmesi için Şekil 3.13.' teki elektronik hassas terazi ve farklı kütlelerde hazırlanan rotor numunelerinin güvenlik kurma mekanizmasına monte edilip kurulma sürelerinin ölçülmesi için Şekil 3.17.' de görülen devir tezgâhı ve Şekil 3.18.' deki hızlı kamera kullanılmıştır. Dönülü mühimmat, silah sistemindeki yiv-setin varlığından dolayı namluyu saat yönünde dönerek terk eder. Devir tezgâhı bu dönüyü simule etmek için kullanılır. Şekil 3.18.' deki 3000-250.000 FPS (Frame Per Second) kapasiteli hızlı kamera ile rotorun emniyetli ve emniyetsiz pozisyonu arasındaki mesafenin ne kadar sürede alındığı yani rotorun kurulmamış pozisyonundaki hareketsiz hali ile harekete başlayıp kurulduktan sonraki pozisyonu arasındaki mesafenin ne kadar sürede kat edildiği ölçülmektedir. Bu ölçüm için GKM devir

tezgâhına bağlanır ve üst kısmındaki alev deliğinin net olarak izlenebilmesi için hızlı kamera alev deliğine fokuslanmalıdır.



Şekil 3.17. Devir tezgâhı



Şekil 3.18. Hızlı kamera yardımıyla sürenin belirlenmesi

3.2.6. Yay Tansiyon Cihazı

Yayların sıkışma kuvveti ve kurulma devriyle ilgili diğer çalışmalarda; aynı malzemelerden yapılmış yayların tel çapları, dış çapları ve sarım sayıları ile sıkışma kuvveti ve kurulma devirleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu inceleme de yayların sıkışma kuvvetlerinin ölçümleri için Şekil 3.19.' da gösterilen yay tansiyon cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.19. Yay tansiyon cihazı ile kuvvet ölçümü

Cihazda, serbest boydaki yay ölçüsü (mm) referans alınıp, yaya kuvvet uygulanarak 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.

3.3. Tapalara İlişkin Hesaplamalar

Mühimmatın namludan çıktıktan sonra ne zaman ve hangi mesafede fonksiyon yapacağını yani namlu önü emniyet mesafesini hesaplayabilmemiz için merminin namludan ilk çıkış hızı, devri ve namludan çıktıktan sonra tapanın kaçınıcı turda kurulduğunu bilmemiz gerekir. Merminin namludan çıkış hızı yardımıyla, namlu çıkış devri hesaplanır ve tapanın namludan çıktıktan sonra kaçınıcı turda kurulacağı yani tur sayısı, kalifikasyon testleri sırasında (devir testi sırasında, rotorun harekete başladığı ve hareketin sona erdiği süre, hızlı kamera, lazer v.b.yöntemlerle) hesaplanır. Bu veriler kullanılarak tapanın namlu önü emniyet mesafesi bulunur. Ayrıca tapaya g testi yapabilmek için g değerinin RPM değerine dönüştürmemiz gerekir. Aşağıda bu hesaplamaların nasıl yapıldığı açıklanmıştır.

Merminin Namludan Çıkış Hızının Hesaplanması

Bugünün modern silahlarında ağırlığı 100 kg' ı aşan mermilere istenen ilk hızı verebilmek için, mümkün olabilecek en büyük sevk enerjisine gereksinim vardır. Sevk enerjisi, bir noktaya kadar sevk barutu miktarını arttırmakla artar. Ancak bu artış aşağıda görüleceği gibi sınırlıdır. Sevk barutunun verdiği ısı enerjisinin etkisiyle, mermi namlu ilk çıkış hızının teorik olarak saptanabilmesi için Denklem 3.2. kullanılır. Mermi ilk hızının deneysel olarak çok sağlıklı bir biçimde saptanması için çeşitli metotlar mevcuttur. (Hız çerçeveleri, fotosel, radar metodu gibi) [26].

Namlu ağzında merminin sahip olduğu kinetik enerji (Ek);

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{G + 0,5L}{g} \cdot V_0^2 = Q.L.A.\Phi \quad (3.1)$$

Bağıntısı yardımıyla hesaplanır. Bu deneklem yardımıylada arzu edilen ilk hız (Vo);

$$V_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot Q \cdot A \cdot \Phi}{\frac{G}{L} + 0,5}} \quad (3.2)$$

şeklinde elde edilir ve bu bağıntı namlu çıkışındaki ilk hız hesabında kullanılır. Burada mermi ağırlığı G (kg), sevk barutunun ağırlığı L (kg), namlu çıkışındaki ilk hız V_0 (m/s), sevk barutunun verdiği ısı Q (Kcal/kg), yer çekimi ivmesi g (9,81 m/s²), ısının mekanik eşdeğeri A (427 kg.m/Kcal), ısı kaybı katsayısı Φ (birimsiz)'yi ifade etmektedir [26]. Namlu çıkışındaki ilk hızın mermi-sevk barutu ağırlık oranıyla değişimi Çizelge 3.11.' de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Mermi-sevk barutu ağırlık oranı-ilk hız ilişkisi [26]

Mermi-Sevk Barutu Ağırlık Oranı (G/L)	İlk Hız (V_0) (m/sn)
4,00	800
3,00	906
2,00	1072
1,00	1383
0,75	1517
0,50	1695
0,00	2400

Çizelge 3.11. incelendiğinde teorik olarak sonsuz arttırılan barut miktarı için 2400 m/s lik hıza ulaşılmaktadır. Bunun sonucu olarak pratikte ulaşılabilecek hızların 2400 m/sn'nin çok altında olacağı açıkça görülmektedir. Normal toplarda G/L oranı 3-2 arasında olmaktadır. Bundan küçük oranlar, aşırı büyüklükte kovan ya da hazneyi gerektirir. Çok büyük kovanlar bilhassa otomatik silahlar için elverişli değildir [26].

Merminin Namludan Çıkış Devrinin Hesaplanması

Barutun itici gücüyle yiv-setli silah sistemlerinde mühimmat yüksek devirle namluyu terk etmektedir. Çıkış devrini namlu yiv helis açısı, mermi çapı ve ilk çıkış hızı gibi parametreler etkilemektedir. Dönülü mühimmatların namlu önü emniyet mesafelerinin bulunabilmesi için tur sayısı, namlu çıkış hızı ve devrinin bilinmesi gerekir. Bu yüzden merminin namludan çıkış devri önemlidir.

$$V = n.B.T \quad (3.3)$$

Burada mühimmatın ilk çıkış hızı V (m/sn), mühimmatın devri n (dev/dak), mühimmatın çapı (Namlu iç çapı) B (m), twist (Yiv-Set) T (birimsiz)'yi ifade etmektedir. Merminin (projectile) ileriye doğru hareketinde, kendi ekseni çevresinde bir tur atması sırasında, kat edeceği mesafeye hatve (twist) denilmektedir. Denklem 3.3 yardımıyla mühimmat devri;

$$n = \frac{60.V_0 \cdot \tan \alpha}{\pi.D} \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada, n (d/dak) mermi çıkış devrini, V_0 (m/sn) merminin namludan ilk çıkış hızını, D (m) mermi çapını ve α namlunun yiv helis açısını ifade etmektedir.

Tur Sayısı (turns to arm) Hesaplanması

Tur sayısı (turns to arm) güvenlik ve kurma mekanizmasında bulunan rotorun patlayıcı zincirini aynı eksene getirmesi için geçen süreyi sağlayacak devir miktarıdır. Bu süre mühimmatı, namludan çıktığı andan belli bir metreye kadar güvende tutar. Bu metre namlu önü emniyet mesafesidir. Kurması için gerekli devir miktarı sabit olup çıkış hızına ve buna bağlı değişen devir miktarının bir fonksiyonudur. Tur sayısı (N =turns to arm) mühimmatın devri ve çıkış hızından bağımsızdır. Tapanın kurulma süresi T_a (sn);

$$T_a = d/V \quad (3.5)$$

$$T_a = (N/n) \cdot 60 \quad (3.6)$$

Denklemleriyle tanımlanmaktadır. Buradaki N(devir) olup tur sayısı, n (d/dak) devir sayısı ve d (m) sürtünmesiz ortamdaki kurma mesafesini ifade etmektedir.

G kuvveti – RPM Dönüşüm Hesaplaması

Bazı dönüşüz mühimmat tapalarında rotorun ağırlık merkezinden yararlanır. Böyle tapalarda rotorun ağırlık merkezinden dolayı atalet kuvvetiyle yaylı pim ters istikamete doğru çekilir ve tapa kurulmaya başlar. Bu tapalara kurulma ve kurulmama testi yapılırken tapa tezgâha yatay şekilde bağlanır ve belirli devirlerde test edilir. Şartnamelerde bu tip tapalar için kurulma ve kurulmama G kuvvetleri verilir. Bu yüzden G değerlerini RPM değerlerine dönüştürmemiz gerekir. Bu dönüşümde aşağıda verilen Denklem 3.7. – 3.11.' den yararlanılmaktadır.

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (3.7)$$

$$F = m \cdot g \quad (3.8)$$

$$\omega = \frac{n \cdot 2\pi}{\text{min}} = \frac{n \cdot 2\pi}{60sn} = (\text{rad/sn}) \quad (3.9)$$

$$G = \frac{r \cdot n^2 \cdot (2\pi)^2}{3600 \cdot s^2 \cdot 980} \quad (3.10)$$

$$n = 298,94 \cdot \sqrt{\frac{G}{r}} \quad (3.11)$$

Burada; n (dev/dak) olup tapanın kurulması için gerekli devir sayısını, G geri çekilen pimlerin almış olduğu ivmeyi, r (cm) g tezgâhına bağlanan tapada ki geri çekilen pimlerin ağırlık merkezi ile tezgâhın motor mili merkezi arasındaki mesafeyi, f (N)

pimlerin geri çekilmesi için gerekli kuvveti, ω (rad/sec) RPM cihazının açısal hızını, g (m/s^2) yerçekimi ivmesini, m (kg) atalet kuvvetiyle geri çekilen pimlerin ağırlığını ifade etmektedir.



4. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada dönülü ve dönüsüz mühimmat tapalarında kullanılan güvenlik kurma mekanizmalarının kurulma süresini ve devrini etkileyen faktörleri bulabilmek için bazı deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda pandül ve rotor ağırlıkları değiştirilmiş, birlikte çalışan pandül-çark ikilisi temas noktalarının etkisini inceleyebilmek için pandülün çarka temas ettiği kontak noktalarına radius verilmiş ve bu değişikliklerin kurulma süresine olan etkileri incelenmiştir. Diğer bir çalışmada dönülü mühimmat tapalarında kullanılan güvenlik kurma mekanizmalarında kurulma devrini etkileyen parametreleri bulabilmek için yaylarla ilgili bazı deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda ilk önce sıkışma kuvveti ile yay ilişkisini inceleyebilmek için 15 adet basma yayı kullanılmıştır. Yayların 5 tanesinin tel çapı, 5 tanesinin dış çapı, 5 tanesinin de sarım sayısı farklı olarak yay tansiyon cihazı ile sıkışma kuvvetleri ölçülmüş ve bu üç etken ile sıkışma kuvveti ilişkisi ortaya çıkarılmıştır. Başka bir çalışmada ise GKM-X' te kullanılan tel çapı, dış çapı ve sarım sayısı farklı olan 4 adet dönü pimi yayı önce yay tansiyon cihazı ile aynı oranda sıkıştırılarak kuvvet ölçümü yapılmış ve daha sonra bu yaylar GKM' ye monte edilerek devir tezgâhında, kurulma devirleri tespit edilerek kıyaslama yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ilgili deney grupları için ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

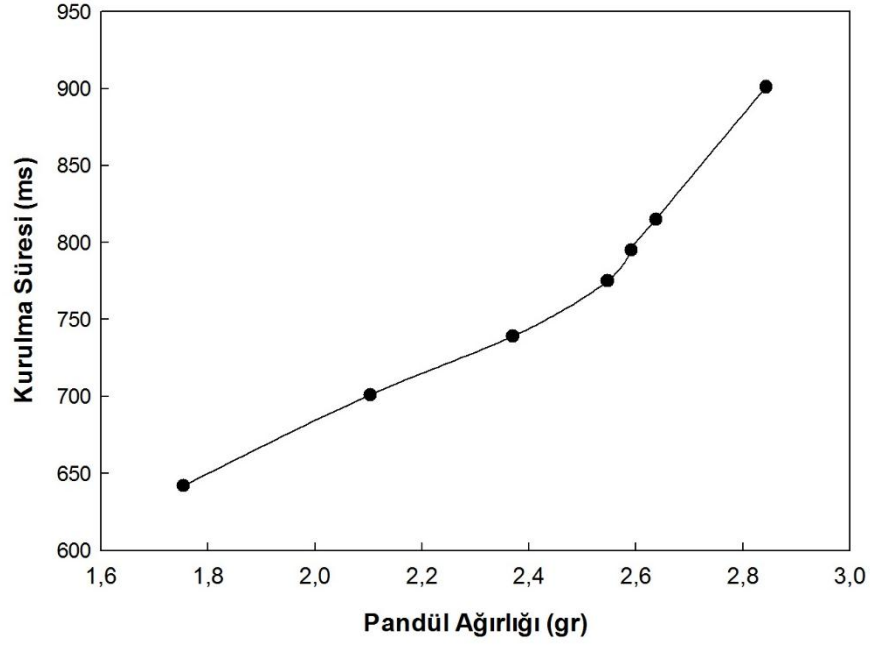
4.1. Pandül Ağırlığı – Kurulma Süresi Deney Sonuçları

Mevcut pandül geometrisi oluşturulurken seçilen malzemenin yoğunluk farkı ağırlık değişimine sebep olacak ve bu ağırlık değişimi kurma süresini değiştiren bir parametre olacaktır. Pandül ağırlığı-kurulma süresi ilişkisini incelemek için aynı malzeme ve geometrideki 6 farklı pandül, fonksiyonu ve çalışma şeklini değiştirmeyecek şekilde kütle boşaltması yapılarak pandül ağırlığı üzerinde yapılan deneysel çalışma sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kurulma süresi-pandül ağırlığı deney sonuçları

Pandül Numunesi	Pandül Ağırlığı (gr)	Kurulma süresi (ms)
MP0	2,843	901
MP1	2,637	815
MP2	2,591	795
MP3	2,547	775
MP4	2,370	739
MP5	2,103	701
MP6	1,754	642

Pandül ağırlığıyla kurulma süresi arasındaki ilişki ise Şekil 4.1.'de verilen kurulma süresinin pandül ağırlığıyla değişimi grafiğinde gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere kurulma süresi pandül ağırlığıyla doğru orantılı olarak değişmektedir. İleride yapılacak tapa tasarımlarında hangi malzemeden pandül seçiminin ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Çünkü seçilecek malzemeye göre ağırlık değişecektir.



Şekil 4.1. Kurulma süresinin pandül ağırlığıyla değişim grafiği

Kurulma süresinin pandül ağırlığıyla doğrusal değiştiği görülmektedir. Tapaların emniyetini sağlayan güvenlik kurma mekanizmalarında sönümleyici etki yapan pandül'ün ağırlığı arttıkça mekanizmanın tüm hareketi boyunca geçen süre (kurulma süresi) artmaktadır. Yani namlu önü emniyet mesafesi artmaktadır. Elde edilen bu sonuç literatürdeki Keith Lewis (2003) ve Edward F. Cooper (2003) tarafından yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.2. Rotor Ağırlığı – Kurulma Süresi Deney Sonuçları – Dönüsüz Tapa

Rotor ağırlığı-kurulma süresi ilişkisini incelemek için dönüsüz havan mühimmatlarında kullanılan AZDM 111 A2 tapasına ait 5 farklı ağırlıktaki rotor üzerine yapılan deneysel çalışma sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

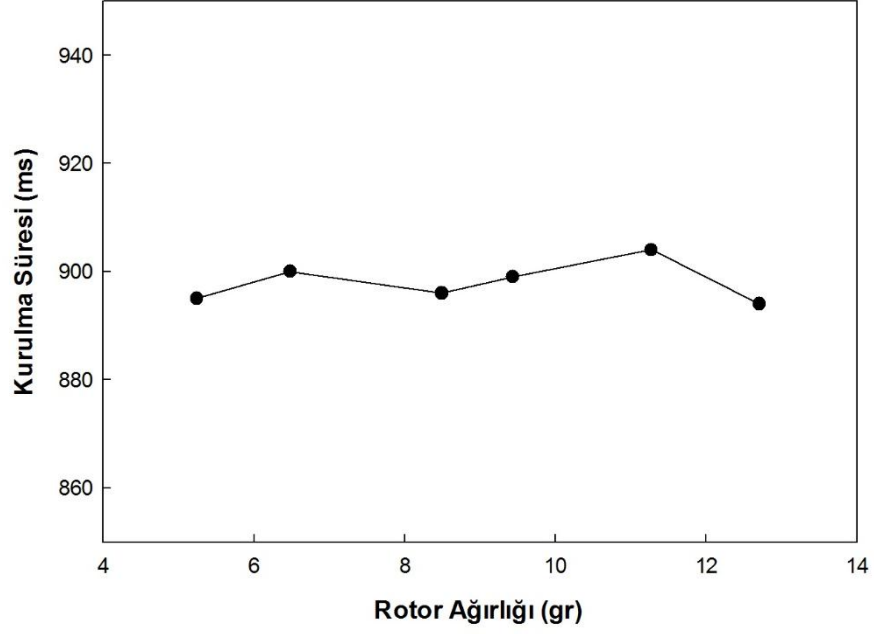
Çizelge 4.2. Kurulma süresi – rotor ağırlığı deney sonuçları - Dönüsüz

Rotor Numunesi	D-R1**	D-R0*	D-R2	D-R3	D-R4	D-R5
Rotor Ağırlığı (gr)	5,24	6,48	8,49	9,43	11,27	12,27
Kurulma Süresi (ms)	895	900	896	899	904	894

* : Standart rotor numunesi

** : Ağırlığı azaltılmış rotor numunesi

AZDM 111 A2 Tapasında rotorun dönme yönünde atalet kuvveti oluşmadığı için bu kuvvet içerisinde takılan kurma yayı sayesinde simule edilir. Şekil 4.2.'de verilen kurulma süresinin rotor ağırlığıyla değişim grafiğinden de görüleceği üzere, kullanılan rotor kendisini tutan millerin geri çekilmesiyle ağırlık merkezi yerine kurma yayı ile harekete başladığı için rotor ağırlığının artması veya azalmasının kurma süresini etkilemediği ancak rotor ağırlık artışının kurulma süresini daha kararlı hale getirdiği ve sürelerin standart sapmalarının azaldığını göstermektedir. Dönüsüz mühimmatlarda rotoru döndürecek yük olmadığı için bu zorunlu hareket kurma yayının depoladığı potansiyel enerjinin boşalmasıyla ile sağlanır. Sabit tork değerinde sıkıştırılmış kurma yayları boşalma esnasında pandülün ağırlığından bağımsız kendi dinamik hareketini yapma eğiliminin, kurma süresini etkilemeyeceği değerlendirilmiştir.



Şekil 4.2. Kurulma süresinin rotor ağırlığıyla değişim grafiği - Dönüsüz

4.3. Rotor Ağırlığı - Kurulma Süresi Deney Sonuçları – Dönülü Tapa

Rotor ağırlığı-kurulma süresi ilişkisini incelemek için dönülü mühimmatlarda kullanılan M557 tapasına ait aynı geometri ve malzemedan üretilmiş standart rotor numunesi ve kütle boşaltma işlemi yapılarak ağırlıkları değiştirilmiş rotor numuneleri sırasıyla dönülü mühimmat tapası üzerine monte edilerek devir tezgâhı ve hızlı kamera yardımıyla kurulma süreleri ölçülmüştür. Yapılan deneysel ölçümler sonucunda elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

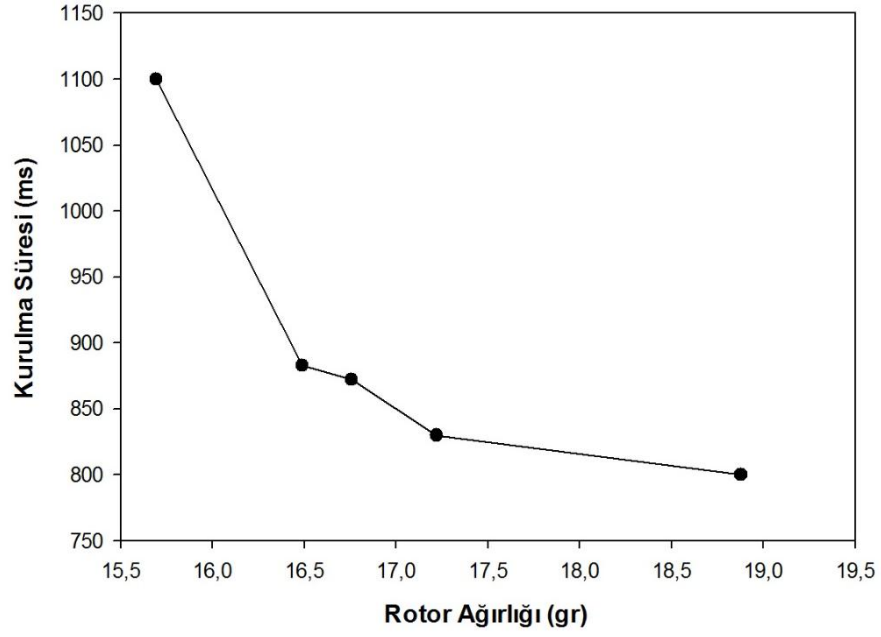
Çizelge 4.3. Kurulma süresi – rotor ağırlığı deney sonuçları - Dönülü

Numune Kodu	Rotor Ağırlığı (gr)	GKM Kurulma Süresi (ms)	GKM Devri (d/dak)
R0*	18,878	800	3000
R1	17,219	830	3000
R2	16,755	872	3000
R3	16,489	883	3000
R4	15,693	1100	3000

* : Standart rotor numunesi

M557 tapası yiv-setli mühimmatlarda kullanıldığı için bu tapada kullanılan rotorun dönme yönünde oluşan atalet kuvveti etkisiyle dönebilmesi için ağırlık merkezi hayati öneme sahiptir. Elde edilen deneysel sonuçlar tapanın kurulma süresinin rotorun ağırlığıyla ters orantılı olarak değiştiğini göstermektedir. Bu durum bize, yapılacak tapan tasarımlarında seçilecek rotor malzemesinin ne kadar önemli olduğu ifade etmektedir. Çünkü kurulma süresi sayesinde namlu önü emniyet mesafesi belirlenmektedir.

Yapılan deney sonuçlarından rotor ağırlığı azaldıkça kurma süresinin arttığı görülmüştür. Bu sonuç detonatörü muhafaza eden ve patlayıcı zincirinin aynı eksene gelmesini sağlayan rotorun bu dinamik hareketini dönme ekseninden kaçık pozisyonlanmasıyla ve mühimmatın dönüşüyle alan mekanizmalarda geçerlidir. Rotor ağırlığının artması diğer açıdan namlu önü emniyet mesafesinin de kılmasına neden olacaktır. Çünkü Şekil 4.3.'de verilen kurulma süresinin rotor ağırlığıyla değişim grafiğinden de görüldüğü üzere rotor ağırlığı artıkça tapanın kurulma süresi azalmaktadır.



Şekil 4.3. Kurulma süresinin rotor ağırlığıyla değişim grafiği –Dönülü

Kurulma süresini rotor ağırlığıyla ters orantılı değiştiğini gösteren bu sonuç 2003 yılında Keith Lewis ve Edward F. Cooper tarafından yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar göstermiştir. Bu durum da yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarını destekleyici niteliktedir.

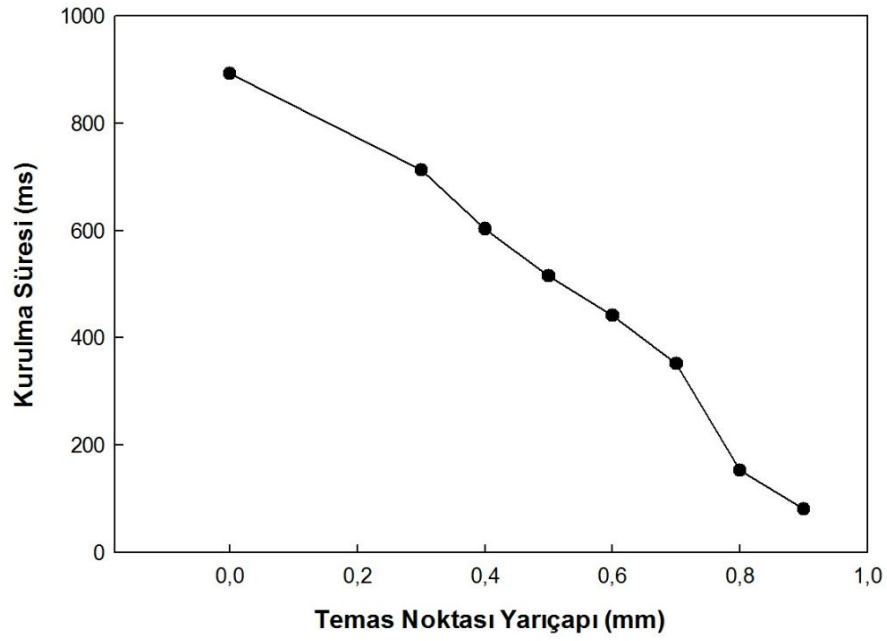
4.4. Pandül-Çark Temas Noktası – Kurulma Süresi Deney Sonuçları

Pandül-Çark kurulma süresi ilişkisini incelemek için pandülün çarkla birlikte çalıştığı uç geçiş temas noktaları üzerinde yapılan deneysel çalışma aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Kurulma süresinin pandül temas yarıçapı ile değişimi deney sonuçları

Numune Kodu	PR0*	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7
Yarıçap Değeri (mm)	0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Kurulma süresi (ms)	892	713	603	515	441	352	153	81

* :Standart pandül



Şekil 4.4. Kurulma süresinin pandül temas yarıçapı ile değişim grafiği

AZDM 111 A2 Tapasında kullanılan pandülün çark ile birlikte çalıştığı kontak yüzeylerine 7 farklı radius verilerek yapılan çalışmada radius arttıkça kurulma süresinin ters orantılı olarak azaldığı yani namlu önü emniyet mesafesinin azaldığı gözlemlenmiştir. Çünkü pandül kontak radiusu arttıkça pandül ve hareket nakil çarkı

sürtünme teması nokta sayısı azalmaktadır. İleride yapılacak tapa tasarımlarında pandül geometrisinin ne kadar önemli olduğu bu çalışmada ortaya çıkmıştır.

4.5. Yay Sıkışma Kuvveti Deney Sonuçları

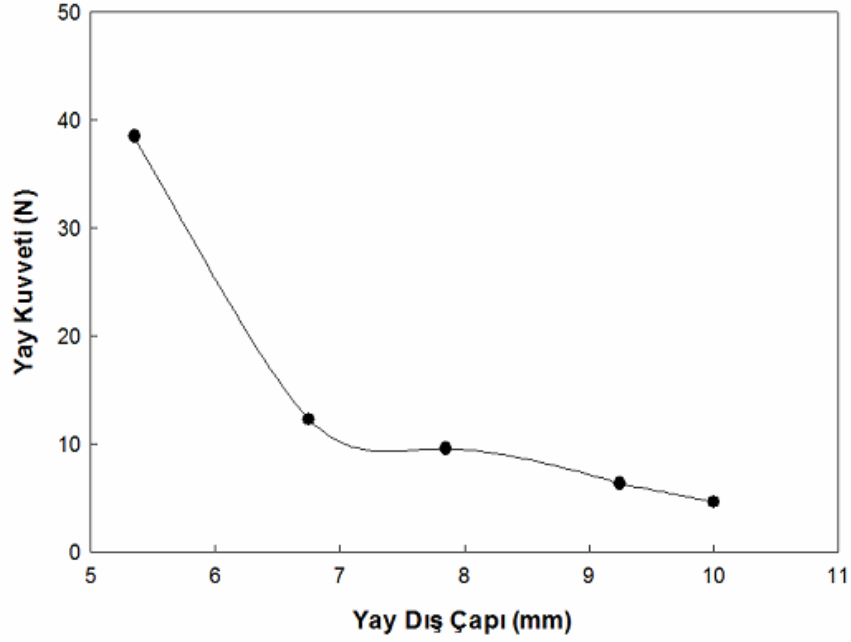
4.5.1. Sıkışma Kuvveti – Yay Dış Çap İlişkisi

Basma yaylarında, aynı boy, malzeme, tel çapı ve sarım sayısına sahip yaylar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar için hazırlanan deney numunelerinin özellikleri ve bu yayların, yay tansiyon cihazında belirli oranlarda sıkıştırılarak kuvvet ölçümleri sonucunda elde edilen değerler, Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Yaylar 10 mm sıkıştırılarak ve üçer kez yay tansiyon cihazında yay sıkışma kuvvetleri belirlenmiş ve bu üç değerın ortalaması Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yay kuvvetinin yay dış çapı ile değişimi deney sonuçları

Yay	Malzeme	Tel çapı (mm)	Tam boy (mm)	Sarım sayısı	Dış çap (mm)	Sıkışma kuvveti (N)
Y-D1	ASTM-A313	0,75	23,5	10	10,00	4,66
Y-D2	“	0,75	23,5	10	9,25	6,35
Y-D3	“	0,75	23,5	10	7,85	9,57
Y-D4	“	0,75	23,5	10	6,75	12,30
Y-D5	“	0,75	23,5	10	5,35	38,50

Dış çap dışındaki tüm ölçüleri aynı olan 5 yayın sıkışma kuvvetlerinin deneysel olarak ölçülmesi sonucunda elde sonuçlar Şekil 4.5.'deki sonuç grafiğinde verilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere yayın tasarım kriterleri içerisinde kalmak şartıyla dış çapının artırılması aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti azalttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma sayesinde dönülü ve dönüsüz tapalarda kullanılan, dönü veya merminin gidiş yönü tersi ile oluşan atalet kuvveti sayesinde geri veya ileri hareket ederek tapanın hem emniyet hem de kurulmasını sağlayan yayların dış çapı seçiminin önemli olduğu görülmüştür. Çünkü tapa tasarımlarında kullanılacak yayların dış çapları üzerinde değişiklik yapılarak tapanın kurulma ve kurulmama devirleri ortaya çıkarılacaktır.



Şekil 4.5. Sıkışma kuvvetinin yay dış çap ile değişim grafiği

4.5.2. Sıkışma Kuvveti - Yay Sarım Sayısı İlişkisi:

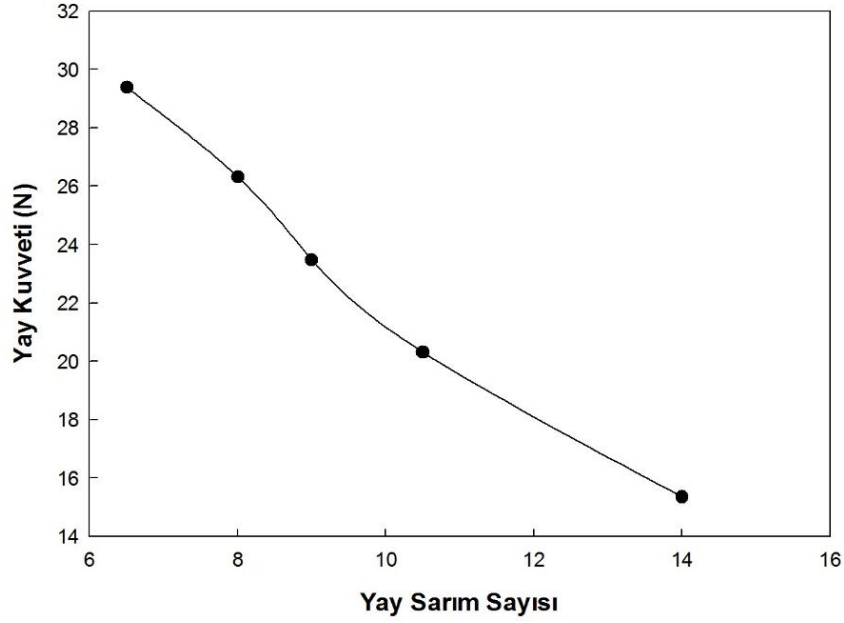
Basma yaylarında, aynı boy, malzeme, tel çapı ve dış çapa sahip yaylar kullanılarak belirlenen yaylar, yay tansiyon cihazında belirli oranlarda sıkıştırılarak kuvvet

ölçümleri yapılmıştır ve elde edilen deney sonuçları, Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Çizelgede verilen yayların sıkışma kuvveti değerlerinin belirlenmesinde yaylar 10 mm sıkıştırılarak yapılan üç farklı ölçüm sonucundaki ortalama değerler alınmıştır.

Çizelge 4.6. Yay kuvvetinin yay sarım sayısı ile değişimi deney sonuçları

Yay	Malzeme	Tel Çapı (mm)	Tam boy (mm)	Sarım sayısı	Dış çap (mm)	Sıkışma kuvveti (N)
Y-S1	ASTM-A313	1	26,5	14,00	10	15,35
Y-S2	“	1	26,5	10,50	10	20,31
Y-S3	“	1	26,5	9,00	10	23,47
Y-S4	“	1	26,5	8,00	10	26,32
Y-S5	“	1	26,5	6,50	10	29,39

Şekil 4.6.'da sarım sayısı dışındaki tüm ölçüleri aynı olan 5 yayın sıkışma kuvvet değerlerinin, yayların sarım sayısı ile değişimleri grafiksel olarak verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere yayın, tasarım kriterleri içerisinde kalmak şartıyla, sarım sayısının artırılması aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti azalttığı gözlemlenmiştir. Güvenlik kurma mekanizması gövde üzerindeki yaya yataklık yapacak güvenlik kilit mesafesinin seçimi, sarım sayısına göre değişiklik göstereceği görülmektedir. Ayrıca toplam sarım sayısı yayın tam kapalı boyunu değiştirdiğinden tasarım esnasında sarım sayısı kriteri önemle dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.6. Sıkışma kuvvetinin yay sarım sayısı ile değişim grafiği

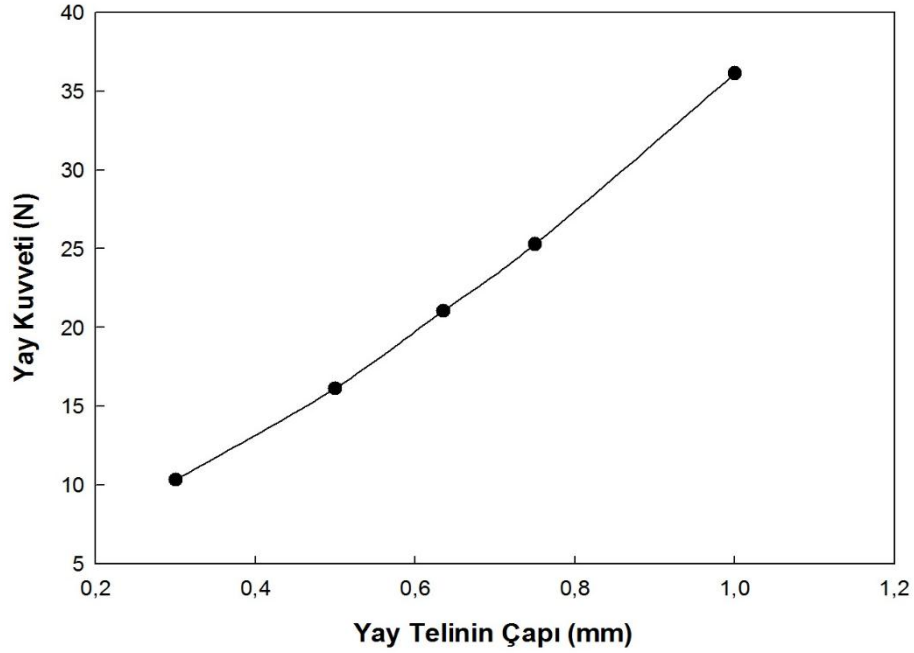
4.5.3. Sıkışma Kuvveti - Yay Tel Çapı İlişkisi:

Basma yaylarında, aynı boy, malzeme, dış çap ve sarım sayısına sahip yaylar üzerinde yapılan yay sıkışma kuvveti ölçümü deney sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yay kuvvetinin yay tel çapı ile değişimi deney sonuçları

Yay	Malzeme	Tel çapı (mm)	Tam boy (mm)	Sarım sayısı	Dış çap (mm)	Sıkışma kuvveti (N)
Y-T1	ASTM-A313	1,00	18,25	8	6,4	36,12
Y-T2	“	0,75	18,25	8	6,4	25,28
Y-T3	“	0,635	18,25	8	6,4	21,05
Y-T4	“	0,50	18,25	8	6,4	16,13
Y-T5	“	0,30	18,25	8	6,4	10,33

Şekil 4.7.'de tel çapı dışındaki tüm ölçüleri aynı olan beş yay üzerinde yapılan yay sıkışma kuvvetinin sonuçları gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere yayın, tasarım kriterleri içerisinde kalmak şartıyla, tel çapının arttırılması aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti arttırdığı gözlemlenmiştir. Tel çapında yapılan değişikliklerle tapa ya çok daha emniyetli ya da çok daha az emniyetli hale getirilebileceği anlaşılmaktadır. Yapılacak bu değişikliklerde tapanın çalışabileceği optimum sınırların gözetilmesi gerekmektedir. Çünkü sınırların üzerinde yapılacak tel çapı artırımında çok yüksek dönü veya merminin gidiş yönü tersi ile oluşan atalet kuvvetine ihtiyaç vardır. Bu yüzden tapaların çalışabileceği optimum kurulma devirleri hesaplanırken yay tel çapı hayati öneme sahiptir.



Şekil 4.7. Sıkışma kuvvetinin yay tel çapıyla değişim grafiği

4.6. Kurulma Devri – Yay Deney Sonuçları

Yayın tel çap, dış çap ve sarım sayısı değişikliklerinin sıkışma kuvveti ile olan ilişkisi önceki bölümlerde gösterilmiştir. Bu çalışmada ise yayın tel çap, dış çap ve

sarım sayısı parametrelerinin güvenlik kurma mekanizmasının kurulma devri ile olan ilişkisi aktarılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan deneysel çalışma sonuçları aşağıda verilmiş ve açıklanmıştır.

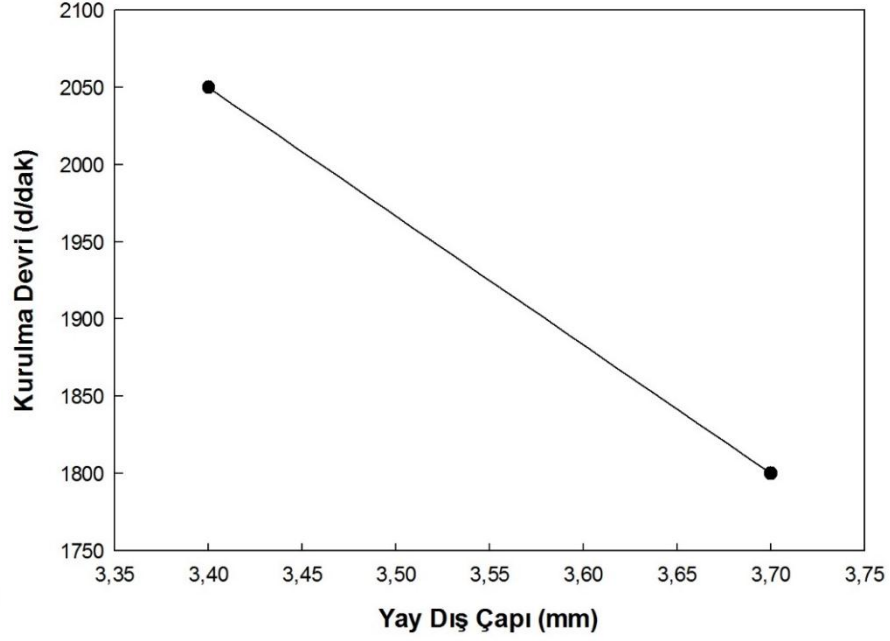
4.6.1. Kurulma Devri - Yay Dış Çap İlişkisi

Basma yaylarında, aynı boy, malzeme, tel çapı ve sarım sayısına sahip yaylar üzerinde yapılan deneysel ölçümlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Yay sıkışma kuvveti değerlerin ölçümünde yaylar 5,7 mm sıkıştırılmış ve üçer kez yay tansiyon cihazında ölçümler yapılarak sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çizelge 4.8. Kurulma devrinin yay dış çapına bağlı değişimi deney sonuçları

Yay	Malzeme	Tel çapı (mm)	Tam boy (mm)	Sarım sayısı	Dış çap (mm)	Sıkışma kuvveti (N)	Kurulma devri (d/dak)
Y-D1	ASTM-A313	0,18	8,4	4	3,4	0,48	2050
Y-D2	“	0,18	8,4	4	3,7	0,37	1800

Dış çap dışındaki tüm ölçüleri aynı olan iki yaya ait deney sonuçları Şekil 4.8.'de, kurulma devrinin yay dış çapına bağlı olarak değişim grafiği olarak gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere yayın tasarım kriterleri içerisinde kalmak şartıyla dış çapının arttırılması aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti ve kurulma devrini azalttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8. Kurulma devrinin yay dış çapıyla değişim grafiği

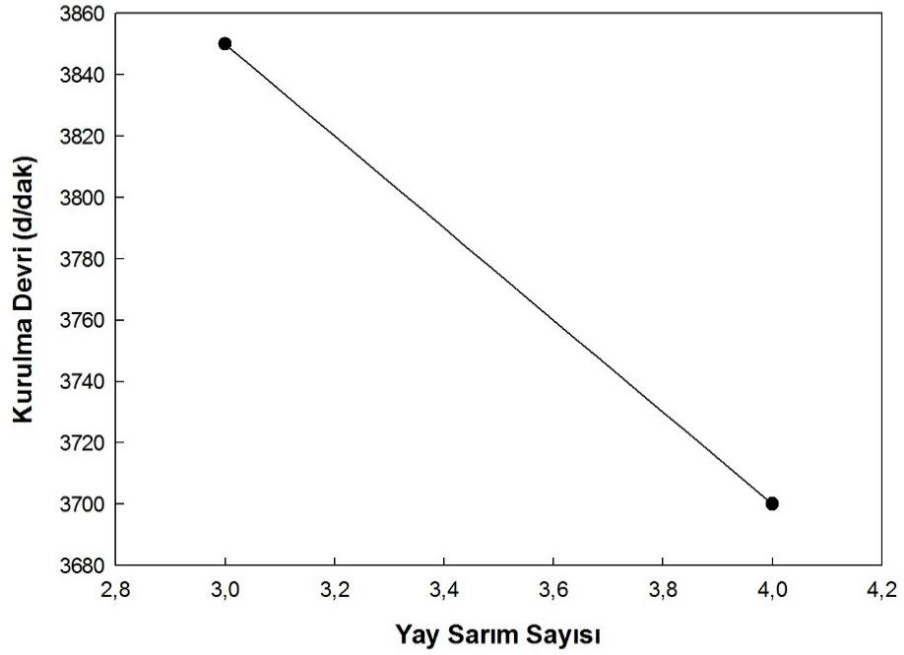
4.6.2. Kurulma Devri – Yay Sarım Sayısı İlişkisi

Basma yaylarında, aynı boy, malzeme, tel çapı ve dış çapa sahip yaylar üzerinde yapılan deneysel ölçümlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kurulma devrinin yay sarım sayısına göre değişimi deney sonuçları

Yay	Malzeme	Tel çapı (mm)	Tam boy (mm)	Sarım sayısı	Dış çap (mm)	Sıkışma kuvveti (N)	Kurulma devri (d/dak)
Y-S1	ASTM-A313	0,27	8,4	4	3,7	1,86	3700
Y-S2	“	0,27	8,4	3	3,7	2,10	3850

Şekil 4.9.' da sarım sayısı dışındaki tüm ölçüleri aynı olan 2 yay karşılaştırılmıştır. Şekilde görüldüğü üzere yayın, tasarım kriterleri içerisinde kalmak şartıyla, sarım sayısının artırılması aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti ve kurulma devrini azalttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Kurulma devrinin yay sarım sayısı ile değişim grafiği

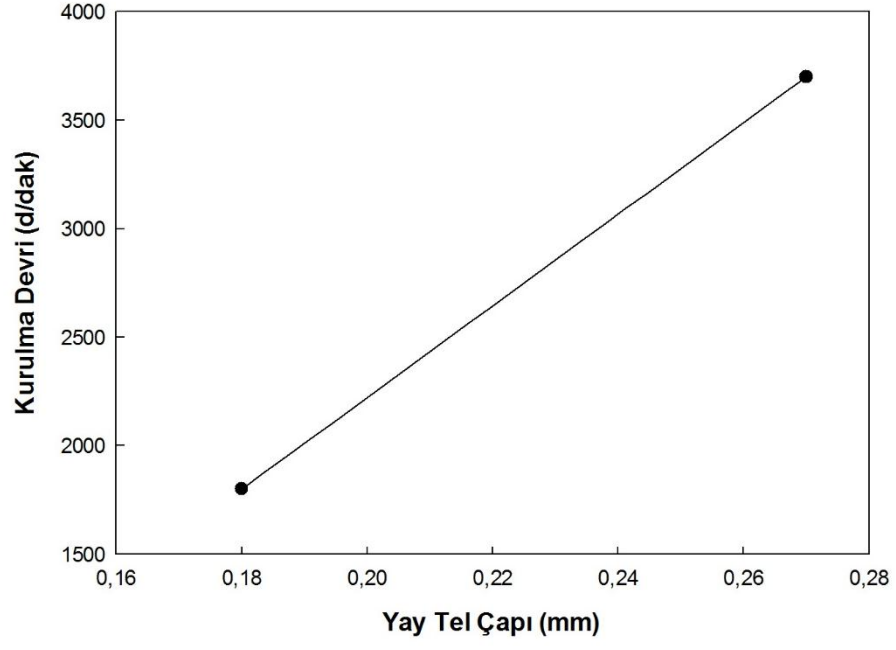
4.6.3. Kurulma Devri – Yay Tel Çapı İlişkisi

Basma yaylarında, aynı boy, malzeme, dış çap ve sarım sayısına sahip iki farklı yayın sıkışma kuvvetleri ve kurulma devirleri ölçülerek sonuçları Çizelge 4.10.' da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Kurulma devrinin yay tel çapına bağlı değişimi deney sonuçları

Yay	Malzeme	Tel çapı (mm)	Tam boy (mm)	Sarım sayısı	Dış çap (mm)	Sıkışma kuvveti (N)	Kurulma devri (d/dak)
Y-T1	ASTM-A313	0,27	8,4	4	3,7	1,86	3700
Y-T2	“	0,18	8,4	4	3,7	0,37	1800

Tel çapı farklı olan yayların, kurulma devirlerinin yay tel çapına bağlı olarak değişimi Şekil 4.10.’ da verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere yayın, tasarım kriterleri içerisinde kalmak şartıyla, tel çapının artırılması aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti ve kurulma devrini arttırdığı gözlemlenmiştir. Dönme eksenine dik pozisyonlandırılmış ve rotorun emniyetini sağlayan merkezkaç dönü pimi ve yayının, dönmenin etkisiyle oluşan ataleti yenerek geri çekildiği ve bu dinamik hareketin yayın sıkışma kuvvetiyle devir sayısının parametrik ilişkisinden türediği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla yayın tel çapının artmasıyla sıkışma kuvveti artacaktır. Bu artış güvenlik ve kurma mekanizmasının kurulması için gereken devir sayısını da arttıracaktır.



Şekil 4.10. Kurulma devrinin yay tel çapıyla değişim grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uluslararası arenada, ülkelerin ekonomik ve siyasal alandaki gücünü belirleyen temel unsurlarından biri olan savunma sanayiinde, dünyada yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak değişime, yeniliğe ve modernizasyona sürekli olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Jeopolitik ve jeostratejik konumu itibariyle çok yönlü tehditlere açık olan ülkemizin, milli güvenlik siyasetini destekleme imkân ve kabiliyetine sahip bir askeri güce ulaşması ve sahip olacağı askeri gücü, çağın gereklerine uygun olarak idame ettirerek geliştirmesi zaruridir.

Bu önem ve amaç doğrultusunda, askeri açıdan son derece önemli olan dönülü ve dönüsüz mühimmat tapalarında kullanılan güvenlik kurma mekanizmalarının kurulma süresinin ve devrinin tam olarak belirlenmesi ve gerekli olması durumlarında süre, devir ve mesafede yapılacak kısaltma ve arttırmalar büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda yapılan tez çalışmasında, mühimmat tapalarının kurulma sürelerini etkileyen parametrelerden rotor ve pandül ağırlıkları ve pandül-çark ikilisinin kontak çalışma noktalarına verilen radiuslar değiştirilerek bu değişimlerin tapaların kurulma sürelerine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca tapaların kurulma devrini etkileyen parametrelerden, rotorun hareket etmesini engelleyen, yani tapanın emniyetini sağlayan yayların, yay tel çapı, yay dış çapı ve yay sarım sayıları değiştirilerek bu değişikliklerin, tapaların kurulma devrine olan etkileri de incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda; tapalarda yer alan bileşenlerin tapaların kurulma süresini ve devrine olan etkileri yapılan deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Buna göre;

Güvenlik Kurma Mekanizmalarında sönümleyici etki yapan pandül'ün ağırlığı arttıkça mekanizmanın tüm hareketi boyunca geçen sürede (kurulma süresi) artmaktadır. Yani namlu önü emniyet mesafesi artmaktadır.

Dönüsüz mühimmatlarda, rotor ağırlığının artması veya azalması ise tapanın kurulma süresini etkilemediği ancak rotor ağırlık artışının tapanın kurulma süresini daha kararlı hale getirdiği görülmüştür.

Dönülü mühimmatta kullanılan M557 tapasında ise rotor ağırlığı azaldıkça kurma süresinin arttığı görülmüştür. Bu sonuç denanatorü muhafaza eden ve patlayıcı zincirinin aynı eksene gelmesini sağlayan rotorun bu dinamik hareketini dönme ekseninden kaçık pozisyonlamasıyla ve mühimmatın dönüşüyle alan mekanizmalarda geçerlidir. Rotor ağırlığının artması diğer açıdan namlu önü emniyet mesafesinin de kısılmasına neden olmaktadır.

Pandülün kontak noktalarında oluşturulan radiusun değerinin arttırılmasının tapanın kurulma süresini azaldığı görülmüştür. Diğer bir ifadeyle pandül-hareket nakil çatki temas noktasındaki yarıçap radius değerinin artışı namlu önü emniyet mesafesini azaltmaktadır.

GKM de kullanılan yaylarda, yayın dış çapının ve sarım sayısının arttırılmasının aynı sıkışma miktarında yaya uygulanan kuvveti azalttığı, tel çapının arttırılmasının ise yaya uygulanan kuvveti arttırdığı gözlemlenmiştir.

Yayın sıkışma kuvveti ile güvenlik kurma mekanizmasının kurulma devri arasındaki ilişki için ise dönme eksenini düzlemine dik pozisyonlandırılmış ve rotorun emniyetini sağlayan merkezkaç pimi ve yayının, dönmenin etkisiyle oluşan ataleti yenerek geri çekildiği ve bu dinamik hareketin yayın sıkışma kuvvetiyle devir sayısının parametrik ilişkisinden türediği görülmüştür. Dolayısıyla yayın sıkışma kuvvetinin artmasıyla; güvenlik ve kurma mekanizmasının kurulması için gereken devir sayısını arttırmaktadır.

Sonuç olarak mevcut tapalar üzerinde yapılacak en ufak değişikliklerin dahi tapaların kurulma süresi, devri ve namlu önü emniyeti açısından son derece önemli olduğunu yapılan deneysel çalışma sonuçları göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar yeni tapa tasarımlarında veya tapalar üzerinde yapılması planlanacak değişiklikler için yol gösterici bir niteliktedir.

Tapta tasarımlarında özellikle güvenlik kurma mekanizması içerisinde yer alan tüm bileşenlerin dikkatle ele alınmasının, tapaların kurulma devri, süresi ve namlu önu emniyeti açısından önemlidir.

Ayrıca kurulma süresini ve devrini etkileyen ve bu çalışmada yer almayan diğer parametrelerden bazıları da aşağıda verilmiştir.

- Kurulma süresini etkileyen parametreler; pandül-çark arasındaki mesafe, çark diş üstü çapı, çark kalınlığı, çark diş açısı, çark diş sayısı, rotor diş sayısı, rotor ile dişli gruplarının birbirine göre pozisyonları, rotor mili ile detonatör arasındaki mesafe, rotor ile gövde arasındaki pul kalınlığı v.b.
- Kurulma devrini etkileyen parametreler; yay malzemesi, yaya uygulanan gerginlik giderme tavlamaı, yay kaplaması ve kaplama sonrası hidrojen kırılmalığı, dönü pimi ağırlığı v.b.

Yukarıda verilen tapaların kurulma devri, süresi ve namlu önu emniyet mesafesi üzerinde etkisi olan bu parametrelerde, ileride yapılacak yeni çalışmalarda dikkate alınabilir ve kullanılabilirler.

KAYNAKLAR

- [1] David L. O., Analysis Of M125 Booster Mechanism, Haziran 1971
- [2] Edward F. C., Andrew Bobetsky L3 Communications Bt fuze products division
47th NDIA Annual Fuze Conference, Aralık 2003
- [3] Keith Lewis Naval Surface Warfare Center Dahlgren 47th Annual Fuze
Conference, Enhancing Weapon Performance, 8-10 Aralık 2003
- [4] Wagner J, Junghans Feinwerktechnik GmbH & Co. KG, 50th Annual NDIA
Fuze Conference, Norfolk, VA, 2006
- [5] Pete B., Tony P., XM1156 Precision Guidance Kit (PGK), Information Briefing
for 52nd Annual Fuze Conference 13 – 15 May 2008
- [6] Karl Kautzsch, Junghans Microtec, 52nd NDIA Annual Conference, 13-15
Mayıs 2008
- [7] Melissa Rhode, John Geaney, Drew Leng RDECOM, 57th NDIA Annual Fuze
Conference, Temmuz 2014
- [8] Mayuri B.Ardak, M.R.Phate, Mathematical Modeling and Computer Simulation
For Mechanical Timer Runway Escapement Mechanism, Mechanical
Engineering Department, Pune University, Padmabhooshan Vasantadada Patil
Institute of Technology Pune, India, Mayıs 2014
- [9] Hikmet Yaşar, Mühimmatın Esasları, 1979
- [10] Anonim, www.mkek.gov.tr/urunler (Erişim tarihi 06.05.2015)

- [11] Anonim, Tapa dizaynında esaslar, Mke Mühimmat Fabrikası Etüd ve Geliştirme Kısım Müdürlüğü, Mayıs 1975
- [12] Anonim, <http://www.generalequipment.info/FUZE%20PD%20M557.htm> (Erişim tarihi 24.11.2015)
- [13] Anonim, www.defenceweb.co.za (Erişim Tarihi 24.11.2015)
- [14] Anonim, <http://fas.org/man/dod-101/navy/docs/fun/part14.htm> (Erişim Tarihi 23.10.2015)
- [15] Fowler S. E., Safety and Arming Device Design Principles, Naval Air Warfare Center Weapons Division, China Lake, CA, 1999
- [16] Mil-Std-1316E, Design Criteria Standard Fuze Design, Safety Criterria For, Department of Defense, United States of America, 1998
- [17] Chad Finch Naval Surface Warfare Center Dahlgren 47th Annual Fuze Conference “Enhancing Weapon Performance” April 8-10, 2003
- [18] Hendershot J., Navy Fuze S&T and Acquisition Strategy (NAVSEA), 56th Annual NDIA Fuze Conference, Baltimore, 2012
- [19] F. Ulaş, Mühimmatlar İçin Elektronik Zaman Ayarlı Ateşleyici Sistem Tasarım, Elektrik Elektronik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2012
- [20] Güney Kore Poongsan Fns (Fuzes&Sensors), Temmuz 2014
- [21] Champion B., Nexter Munition, 51st Annual NDIA Fuze Conference, Nashville, 2007
- [22] Kautzsch K. B, Junghans Feinwerktechnik GmbH & Co. KG, 51st Annual Fuze Conference, Nashville, TN, 2007

- [23] STANAG 2916, Nose Fuze Contours And Matching Projectile Cavities For Artillery And Mortar Projectiles, NATO Standardization Agency (NSA), 1989
- [24] Will B., Naval Surface Warfare Center (NAVSEA), 51st NDIA Fuze Conference, Nashville, Tennessee, 2007
- [25] Gerard G. Lowen, Frederick R.Tepper, Dynamics of Pin Pallet Runaway Escapement,1978
- [26] Mustafa BOZDEMİR Balistik ve Silah Sistemleri Ders Notları, Güz Dönemi 2014-2015

